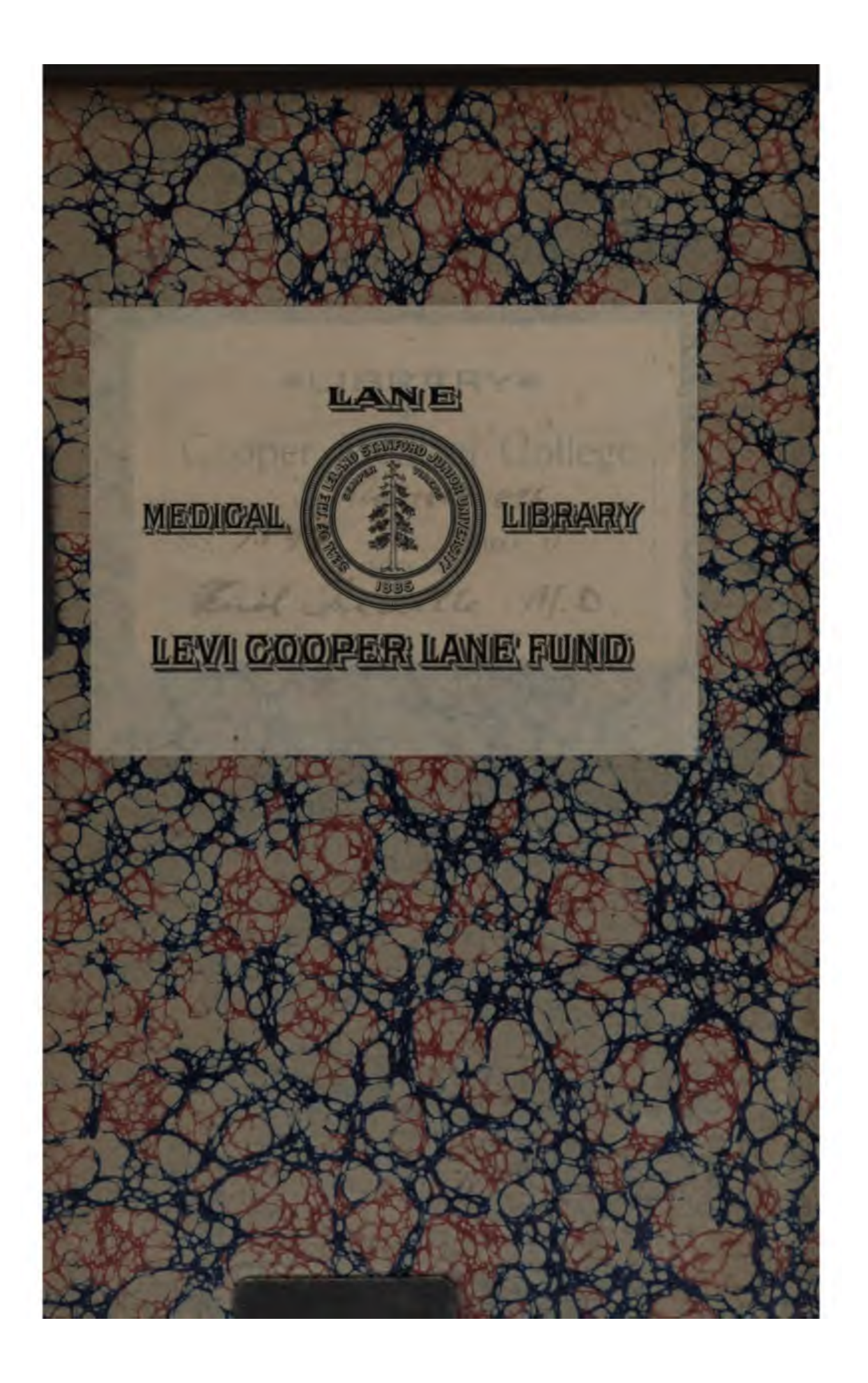



LANE
MEDICAL
LIBRARY
1885
LEVI COOPER LANE FUND





ANTHROPOGENIE.

KEIMES- UND STAMMES-GESCHICHTE

DES

MENSCHEN.

Micropter: Hast Du „**Bhawani**“ schon, den Unsinn, durchgelesen
Mir scheint, als ob es eitel Hirngespinnst gewesen,
Denn Niemand mag wohl den Beweis ersichtlich bringen.
Logophiles: Seh'n wirst Du nie, was nur Jahrtausende vollbringen!

Micropter: So ist es schnöder Trug, und anders auch zu deuten.
Logophiles: Wie anders wolltest Du der Logik Schlüsse leiten?
Micropter: Doch muss ich's seh'n; glaub' mir, dass Du in Schlüssen fehlest.
Logophiles: Sah'st Du schon das Atom, mit dem Du täglich zählest?

Micrppter: Das nicht, doch find' ich in der Rechnung keine Fehler.
Logophiles: Nun Freund, so rechne fort mit unbekanntem Zähler,
Und sieh' ob's ferner stimmt; doch wenn du's gleich verbannst,
So glaubt ein Jeglicher, dass du nicht rechnen kannst!

Ernst Meitzel, Bhawani. (Natürliche Schöpfungs-Anschauung. Köln 1872.)

ANTHROPOGENIE

ODER

ENTWICKELUNGSGESCHICHTE

DES

MENSCHEN.

GEMEINVERSTÄNDLICHE WISSENSCHAFTLICHE VORTRÄGE

ÜBER DIE GRUNDZÜGE DER MENSCHLICHEN

KEIMES- UND STAMMES-GESCHICHTE.

VON

ERNST HAECKEL

PROFESSOR AN DER UNIVERSITÄT JENA.

MIT 12 TAFELN, 210 HOLZSCHNITTEN UND 36 GENETISCHEN TABELLEN.

ZWEITE UNVERÄNDERTE AUFLAGE.

LEIPZIG,

VERLAG VON WILHELM ENGELMANN.

1874.

Inhaltsverzeichniss.

Erster Abschnitt: **Historischer Theil.** (S. 1—92.)

Geschichte der Anthropogenie.

Zweiter Abschnitt: **Ontogenetischer Theil.** (S. 93—288.)

Keimesgeschichte oder Ontogenie des Menschen.

Dritter Abschnitt: **Phylogenetischer Theil.** (S. 289—496.)

Stammesgeschichte oder Phylogenie des Menschen.

Vierter Abschnitt: **Organogenetischer Theil.** (S. 497—686.)

Entwickelungsgeschichte der menschlichen Organe.

Verzeichniss der Tafeln.

Verzeichniss der Holzschnitte.

Verzeichniss der genetischen Tabellen.

Vorwort zur ersten Auflage.

Indem ich in den vorliegenden freien Vorträgen über „Anthropogenie“ den ersten Versuch wage, die Thatsachen der menschlichen Keimesgeschichte einem grösseren Kreise von Gebildeten zugänglich zu machen und diese Thatsachen durch die menschliche Stammesgeschichte zu erklären, verhehle ich mir nicht die grossen Schwierigkeiten und Gefahren, die mit einem solchen ersten Versuche gerade auf diesem bedenklichen Gebiete verbunden sind. Kein anderer Zweig der Naturwissenschaft ist bis zur Gegenwart so sehr ausschliessliches Eigenthum der Fachgelehrten geblieben, und kein Zweig ist so geflissentlich mit dem mystischen Schleier eines esoterischen Priester-Geheimnisses verhüllt worden, als die Keimesgeschichte des Menschen. Antworten doch noch heute die meisten sogenannten „Gebildeten“ nur mit einem ungläubigen Lächeln, wenn man ihnen erzählt, dass jeder Mensch sich aus einem einfachen Ei entwickelt; und in der Regel verwandelt sich dieser Zweifel nur in abwehrendes Entsetzen, wenn man ihnen die Reihe von Embryo-Formen vorführt, die aus diesem menschlichen Ei hervorgeht. Davon aber, dass diese menschlichen Embryonen einen grösseren Schatz der wichtigsten Wahrheiten in sich bergen und eine tiefere Erkenntniss-Quelle bilden, als die meisten Wissenschaften und alle sogenannten „Offenbarungen“ zusammengenommen, davon haben die meisten „Gebildeten“ gar keine Ahnung.

Ist dies aber zu verwundern, wenn wir sehen, wie wenig verbreitet die Kenntniss der menschlichen Entwickelungsgeschichte selbst heute noch unter den Naturforschern von Fach ist? Sogar den meisten

Schriften, welche die specielle Naturgeschichte des Menschen, Anatomie und Physiologie, Ethnologie und Psychologie behandeln, sieht man es auf den ersten Blick an, dass ihre Verfasser von der menschlichen Keimesgeschichte entweder gar keine oder nur oberflächliche Kenntnisse besitzen, dass ihnen aber die Stammesgeschichte vollends ganz fern liegt. Freilich lebt der Name CHARLES DARWIN in Aller Munde! Aber von wie Vielen ist die von ihm reformirte Descendenz-Theorie wirklich assimilirt, wirklich in Fleisch und Blut aufgenommen worden? Ihre Zahl ist kaum gering genug anzuschlagen! Wie sehr aber das tiefere Verständniss der Entwickelungsgeschichte selbst bei höchst angesehenen Biologen noch vermisst wird, davon wüsste ich kein merkwürdigeres Beispiel aus neuester Zeit anzuführen, als den allbekannten Vortrag „über die Grenzen des Naturerkennens", welchen der berühmte Physiologe DU BOIS REYMOND 1873 auf der deutschen Naturforscher-Versammlung zu Leipzig gehalten hat. Dieser glänzende Vortrag, der so grossen Jubel bei allen Gegnern der Entwickelungslehre, so lebhaftes Bedauern bei allen Freunden des geistigen Fortschritts hervorgerufen hat, ist im Wesentlichen eine grossartige Verleugnung der Entwickelungsgeschichte! Gewiss stimmt jeder denkende Naturforscher dem Berliner Physiologen bei, wenn er in der ersten Hälfte seines Vortrages diejenige Grenze des Natur-Erkennens beleuchtet, welche dem Menschen durch seine Wirbelthier-Natur gegenwärtig gesteckt ist. Aber ebenso gewiss muss jeder monistische Naturforscher gegen die zweite Hälfte desselben protestiren, wo der menschlichen Erkenntniss nicht allein eine andere, von jener ersten angeblich verschiedene (in Wahrheit aber mit ihr identische!) Grenze gesteckt, sondern auch daraus als letzte Folgerung der Schluss gezogen wird, dass der Mensch diese Grenze niemals überschreiten werde: „Wir werden das niemals wissen! *Ignorabimus!*"

Gegen dieses „*Ignorabimus*", welches dem verdienstvollen Erforscher der Nerven- und Muskel-Electricität den einstimmigen Dank der *Ecclesia militans* eingetragen hat, müssen wir hier im Namen des fortschreitenden Naturerkennens und der entwickelungsfähigen Wissenschaft auf das Entschiedenste protestiren! Wenn

wir unseren einzelligen Amoeben-Ahnen aus der laurentischen Urzeit hätten begreiflich machen wollen, dass ihre Nachkommen dereinst in der cambrischen Periode einen vielzelligen Wurm-Organismus mit Haut und Darm, Muskeln und Nerven, Nieren und Blutgefässen bilden würden, so würden sie uns das nimmermehr geglaubt haben; so wenig als diese Würmer, wenn wir ihnen hätten erzählen können, dass ihre Nachkommen sich zu schädellosen Wirbelthieren, gleich dem Amphioxus — und so wenig als diese Schädellosen, wenn wir ihnen hätten sagen können, dass ihre späten Epigonen sich zu Schädelthieren entwickeln würden. Und ebenso würden unsere silurischen Urfisch-Ahnen nimmermehr geglaubt haben, dass ihre devonischen Enkel als Amphibien, ihre triassischen Ur-Enkel als Säugethiere existiren würden; ebenso würden die letzteren es für unmöglich gehalten haben, dass in der Tertiär-Zeit einer ihrer späten Ur-Ur-Enkel Menschen-Form gewinnen und die edlen Früchte vom Baume der Erkenntniss pflücken werde. Sie alle würden uns einstimmig geantwortet haben: „Wir werden uns niemals ändern und wir werden niemals unsere Entwickelungsgeschichte erkennen! *Immutabimur et Ignorabimus!*"

Dieses *Ignorabimus* ist dasselbe, welches die Berliner Biologie dem fortschreitenden Entwickelungsgange der Wissenschaft als Riegel vorschieben will. Dieses scheinbar demüthige, in der That aber vermessene „*Ignorabimus*" ist das „*Ignoratis*" des unfehlbaren Vaticans und der von ihm angeführten „schwarzen Internationale"; jener unheilbrütenden Schaar, mit welcher der moderne Culturstaat jetzt endlich, endlich den ernsten „Culturkampf" begonnen hat. In diesem Geistes-Kampfe, der jetzt die ganze denkende Menschheit bewegt und der ein menschenwürdigeres Dasein in der Zukunft vorbereitet, stehen auf der einen Seite unter dem lichten Banner der Wissenschaft: Geistesfreiheit und Wahrheit, Vernunft und Cultur, Entwickelung und Fortschritt; auf der andern Seite unter der schwarzen Fahne der Hierarchie: Geistesknechtschaft und Lüge, Unvernunft und Rohheit, Aberglauben und Rückschritt. Die Posaune dieses gigantischen Geisteskampfes verkündigt uns den Anbruch eines neuen Tages und das Ende der langen Nacht des Mittelalters. Denn in den Fesseln des hierarchischen Mittelalters ist die moderne Civilisation trotz aller

Cultur-Fortschritte noch immer befangen; und statt der Wissenschaft der Wahrheit herrscht im socialen und bürgerlichen Leben noch immer die Glaubensschaft der Kirche. Wir erinnern nur daran, welchen mächtigen Einfluss die vernunftwidrigsten Dogmen noch immer auf die fundamentale Schulbildung der Jugend ausüben; wir erinnern daran, dass der Staat noch den Fortbestand der Klöster und des Cölibats erlaubt, der unsittlichsten und gemeinschädlichsten Einrichtungen der „alleinseligmachenden" Kirche; wir erinnern daran, dass der Culturstaat die wichtigsten Abschnitte des bürgerlichen Jahres nach Kirchenfesten eintheilt, die öffentliche Ordnung durch kirchliche Processionen stören lässt u. s. w. Wir geniessen jetzt allerdings das seltene Vergnügen, die „allerchristlichsten" Bischöfe und Jesuiten wegen ihres Ungehorsams gegen die Gesetze des Staates im Exil oder im Gefängnisse zu sehen. Aber hat nicht derselbe Staat bis vor Kurzem diese gefährlichsten Feinde der Vernunft gehegt und gepflegt?

In diesem gewaltigen, weltgeschichtlichen „Culturkampfe", in welchem mitzukämpfen wir uns glücklich preisen dürfen, können wir nach unserem persönlichen Ermessen der ringenden Wahrheit keine bessere Bundesgenossin zuführen, als die „Anthropogenie"! Denn die Entwickelungsgeschichte ist das schwere Geschütz im „Kampf um die Wahrheit"! Ganze Reihen von dualistischen Trugschlüssen stürzen unter den Kettenschüssen dieser monistischen Artillerie haltlos zusammen und der stolze Pracht-Bau der römischen Hierarchie, die gewaltige Zwingburg der „unfehlbaren" Dogmatik, fällt wie ein Kartenhaus ein. Ganze Bibliotheken voll Kirchen-Weisheit und voll After-Philosophie schmelzen in Nichts zusammen, sobald wir sie mit der Sonne der Entwickelungsgeschichte beleuchten. Ich kann dafür kein schlagenderes Zeugniss anführen, als das Gebahren der „streitenden Kirche" selbst, welche nicht aufhört, die nackten Thatsachen der menschlichen Keimesgeschichte zu leugnen und als „höllische Erfindungen des Materialismus" zu verdammen. Sie liefert damit selbst den glänzendsten Beweis, dass sie die von uns daraus gezogenen Schlüsse auf die menschliche Stammesgeschichte, auf die wahren Ursachen jener Thatsachen, als unvermeidlich anerkennt.

Um nun diese so wenig bekannten Thatsachen der menschlichen Keimesgeschichte und ihre causale Erklärung durch die Stammesgeschichte einem möglichst grossen Kreise von Gebildeten zugänglich zu machen, habe ich denselben Weg eingeschlagen, wie vor sechs Jahren in meiner „Natürlichen Schöpfungsgeschichte", von der die „Anthropogenie" einen zweiten, ergänzenden Theil bildet. Ich habe die freien akademischen Vorträge über die Grundzüge der menschlichen Entwickelungsgeschichte, welche ich seit zwölf Jahren hier in Jena vor einem gemischten Kreise von Studirenden aller Facultäten gehalten habe, im Sommer-Semester 1873 von zweien derselben, den Herren Kiessling und Schlawe, stenographiren lassen. In der Ueberzeugung, dass die ungebundene Form des freien Vortrags wesentlich zu der Theilnahme beigetragen hat, welcher sich die jetzt in fünfter Auflage erschienene „Natürliche Schöpfungsgeschichte" erfreut, habe ich mich bemüht, bei der Redaction des stenographischen Manuscripts auch diesen Vorträgen möglichst jene freie Form zu lassen. Freilich lag die Aufgabe hier viel schwieriger als dort. Denn während die „Schöpfungsgeschichte" den weitesten Kreis der biologischen Erscheinungen in leichtem Fluge durchstreichen und nur das Interessanteste berühren konnte, war ich hier in der „Anthropogenie" gezwungen, ein viel enger begrenztes Gebiet von Erscheinungen zusammenhängend darzustellen, von dem zwar auch jedes einzelne Stück „da, wo man's packt, interessant" ist, das Interesse der verschiedenen Stücke aber doch sehr verschieden ist. Ausserdem gehört gerade die Erkenntniss der Form-Erscheinungen, um welche sich die menschliche Keimesgeschichte bemüht, zu den schwierigsten morphologischen Aufgaben, und die akademischen Vorträge über „Entwickelungsgeschichte des Menschen" gelten selbst in den Kreisen der Mediciner, die bereits mit den anatomischen Verhältnissen des menschlichen Körperbaues vertraut sind, mit Recht für die allerschwierigsten. Wollte ich nun den Pfad in dieses dunkle und den Meisten noch ganz verschlossene Gebiet wirklich den gebildeten Laien zugänglich machen, so musste ich mich einerseits in der Auswahl des reichen empirischen Stoffes möglichst beschränken und durfte doch anderseits keinen wesentlichen Theil desselben ganz übergehen.

Trotzdem ich nun dergestalt stets bemüht war die wissenschaftlichen Probleme der Anthropogenie möglichst „gemeinverständlich“ darzustellen, bilde ich mir doch nicht ein, diese ausserordentlich schwierige Aufgabe vollständig gelöst zu haben. Der Zweck dieser Vorträge würde aber auch schon erreicht sein, wenn es mir nur gelungen wäre, unseren „gebildeten Kreisen“ eine ungefähre Vorstellung von den wesentlichsten Grundzügen der menschlichen Keimesgeschichte zu geben und sie zu überzeugen, dass deren Erklärung und Verständniss einzig und allein durch die entsprechende Stammesgeschichte gefunden werden kann. Vielleicht darf ich zugleich hoffen, diese Ueberzeugung bei Einigen von denjenigen Fachgenossen zu wecken, welche zwar mit den Thatsachen der Keimesgeschichte sich tagtäglich beschäftigen, aber von den wahren, in der Stammesgeschichte verborgenen Ursachen derselben Nichts wissen und Nichts wissen wollen. Da meine „Anthropogenie“ überhaupt der erste Versuch ist, Ontogenie und Phylogenie des Menschen in ihrem gesammten ursächlichen Zusammenhange darzustellen, so muss ich allerdings fürchten, dass das Erreichte weit hinter dem Erstrebten zurückbleibt. Aber davon wird sich hoffentlich jeder Denkende überzeugen, dass nur durch die Anerkennung dieses Zusammenhanges die „Entwickelungsgeschichte des Menschen“ überhaupt zur Wissenschaft wird! Nur durch die Phylogenie kann die Ontogenie wahrhaft verstanden werden. Die Stammesgeschichte enthüllt uns die wahren Ursachen der Keimesgeschichte!

Jena am 13. Juli 1874.

Ernst Heinrich Haeckel.

Prometheus.

Bedecke deinen Himmel, Zeus, mit Wolkendunst,
Und übe, dem Knaben gleich, der Disteln köpft,
An Eichen dich und Bergeshöhn;
Musst mir meine Erde doch lassen stehn,
Und meine Hütte, die du nicht gebaut,
Und meinen Heerd, um dessen Gluth
Du mich beneidest.

Ich kenne nichts Aermeres
Unter der Sonn', als euch Götter!
Ihr nähret kümmerlich
Von Opfersteuern und Gebetshauch eure Majestät
Und darbtet, wären nicht Kinder und Bettler
Hoffnungsvolle Thoren.

Da ich ein Kind war, nicht wusste wo aus noch ein,
Kehrt' ich mein verirrtes Auge zur Sonne,
Als wenn drüber wär'
Ein Ohr, zu hören meine Klage,
Ein Herz, wie mein's, sich des Bedrängten zu erbarmen.

Wer half mir wider der Titanen Uebermuth?
Wer rettete vom Tode mich, von Sclaverei?
Hast du nicht Alles selbst vollendet, heilig glühend Herz?
Und glühtest, jung und gut, betrogen, Rettungsdank
Dem Schlafenden da droben?

Ich dich ehren? Wofür?
Hast du die Schmerzen gelindert je des Beladenen?
Hast du die Thränen gestillet je des Geängstigten?
Hat nicht mich zum Manne geschmiedet
Die allmächtige Zeit und das ewige Schicksal,
Meine Herren und deine?

Wähntest du etwa, ich sollte das Leben hassen,
In Wüsten fliehen, weil nicht alle
Blüthenträume reiften?

Hier sitz' ich, forme Menschen nach meinem Bilde,
Ein Geschlecht, das mir gleich sei,
Zu leiden, zu weinen,
Zu geniessen und zu freuen sich,
Und dein nicht zu achten,
Wie ich!

GOETHE.

Je weiter Du wirst aufwärts gehn
Dein Blick wird immer allgemeiner,
Ein desto grösser's Theil wirst Du vom Ganzen sehn
Und alles Einzelne immer kleiner!

GOETHE.

Erster Vortrag.

Das Grundgesetz der organischen Entwickelung.

„Die Entwickelungsgeschichte der Organismen zerfällt in zwei nächst verwandte und eng verbundene Zweige: die Ontogenie oder die Entwickelungsgeschichte der organischen Individuen, und die Phylogenie oder die Entwickelungsgeschichte der organischen Stämme. Die Ontogenie ist die kurze und schnelle Recapitulation der Phylogenie, bedingt durch die physiologischen Functionen der Vererbung (Fortpflanzung) und Anpassung (Ernährung). Das organische Individuum wiederholt während des raschen und kurzen Laufes seiner individuellen Entwickelung die wichtigsten von denjenigen Formveränderungen, welche seine Voreltern während des langsamen und langen Laufes ihrer paläontologischen Entwickelung nach den Gesetzen der Vererbung und Anpassung durchlaufen haben.“

Generelle Morphologie (1866).

Inhalt des ersten Vortrages.

Allgemeine Bedeutung der Entwickelungsgeschichte des Menschen. Unkenntniss derselben in den sogenannten gebildeten Kreisen. Die beiden verschiedenen Theile der Entwickelungsgeschichte: Ontogenie oder Keimesgeschichte, und Phylogenie oder Stammesgeschichte. Ursächlicher Zusammenhang zwischen den beiden Entwickelungsreihen. Die Stammesentwickelung ist die Ursache der Keimesentwickelung. Die Ontogenie als Auszug oder Recapitulation der Phylogenie. Unvollständigkeit dieses Auszuges. Das biogenetische Grundgesetz. Vererbung und Anpassung sind die beiden formbildenden Functionen oder die mechanischen Ursachen der Entwickelung. Ausschluss zweckthätiger Ursachen. Alleinige Gültigkeit mechanischer Ursachen. Verdrängung der dualistischen oder zwiespältigen durch die monistische oder einheitliche Weltanschauung. Principielle Bedeutung der embryologischen Thatsachen für die monistische Philosophie. Entwickelungsgeschichte der Formen und der Functionen. Nothwendiger Zusammenhang der Physiogenie und Morphogenie. Die bisherige Entwickelungsgeschichte ist fast ausschliesslich eine Frucht der Morphologie, nicht der Physiologie. Die Entwickelungsgeschichte des Centralnervensystems (des Gehirns und Rückenmarks) geht Hand in Hand mit derjenigen der Geistesthätigkeit oder der Seele.

I.

Meine Herren!

Das Gebiet von Naturerscheinungen, in welches ich Sie durch diese Vorträge über Entwickelungsgeschichte des Menschen einzuführen wünsche, nimmt in dem weiten Reiche naturwissenschaftlicher Forschung eine ganz eigenthümliche Stellung ein. Es giebt wohl keinen Gegenstand wissenschaftlicher Untersuchung, welcher den Menschen näher berührt und dessen Erkenntniss dem Menschen mehr angelegen sein sollte, als der menschliche Organismus selbst. Unter allen den verschiedenen Zweigen aber, welche die Naturgeschichte des Menschen oder die „Anthropologie" umfasst, sollte eigentlich die natürliche Entwickelungsgeschichte desselben die lebendigste Theilnahme erwecken. Denn die grössten Probleme, mit denen sich die menschliche Wissenschaft beschäftigt, die Frage von dem eigentlichen Wesen des Menschen, oder die sogenannte Frage von „der Stellung des Menschen in der Natur", und was damit zusammenhängt, die Fragen von der Vergangenheit, der ältesten Geschichte, der gegenwärtigen Wesenheit und der Zukunft des Menschen, alle diese höchst wichtigen Fragen hängen unmittelbar und auf das Engste mit der Disciplin zusammen, die wir Entwickelungsgeschichte des Menschen nennen. Und dennoch ist es eine zwar höchst erstaunliche, aber unbestreitbare Thatsache, dass die Entwickelungsgeschichte des Menschen gegenwärtig noch keinen Bestandtheil der allgemeinen Bildung ausmacht. In Wahrheit sind noch heute unsere sogenannten „gebildeten Kreise" mit den allerwichtigsten Verhältnissen und mit den allermerkwürdigsten Erscheinungen, welche uns die Entwickelungsgeschichte des Menschen darbietet, völlig unbekannt.

Als Beleg für diese erstaunliche Thatsache führe ich nur an, dass die meisten sogenannten „Gebildeten" nicht einmal wissen, dass sich jedes menschliche Individuum aus dem Ei entwickelt, und dass

dies Ei nichts Anderes ist als eine einfache Zelle, wie jedes Thier-Ei oder Pflanzen-Ei. Eben so unbekannt ist den Meisten die Thatsache, dass bei der Entwickelung dieses Eies sich anfangs ein Körper bildet, der völlig vom ausgebildeten menschlichen Körper verschieden ist und keine Spur von Aehnlichkeit mit diesem besitzt. Die meisten „Gebildeten“ haben niemals einen solchen menschlichen Keim oder Embryo aus früher Zeit der Entwickelung gesehen und wissen nicht, dass derselbe von anderen Thier-Embryonen gar nicht verschieden ist. Sie wissen nicht, dass dieser Embryo zu einer gewissen Zeit im wesentlichen den anatomischen Bau eines Fisches, später den Bau von Amphibien-Formen und Säugethier-Formen besitzt, und dass bei weiterer Entwickelung dieser letzteren zuerst Formen erscheinen, welche auf der tiefsten Stufe der Säugethierreihe stehen — Formen, welche den Schnabelthieren, dann solche, welche den Beutelthieren nächst verwandt sind, und erst später solche Formen, welche die grösste Aehnlichkeit mit Affen besitzen, bis zuletzt als schliessliches Resultat diejenige Form der Organisation entsteht, welche wir als die ausschliesslich menschliche betrachten. Diese bedeutungsvollen Thatsachen sind, wie gesagt, in den weitesten Kreisen noch jetzt völlig unbekannt; so unbekannt, dass sie bei ihrer gelegentlichen Erwähnung gewöhnlich bezweifelt oder geradezu als fabelhafte Erfindungen angesehen werden. Jedermann weiss, dass sich der Schmetterling aus der Puppe, und diese Puppe aus einer ganz davon verschiedenen Raupe, sowie die Raupe aus dem Ei des Schmetterlings entwickelt. Aber mit Ausnahme der Aerzte wissen nur Wenige, dass der Mensch während seiner individuellen Entwickelung eine Reihe von Verwandlungen durchmacht, die nicht weniger erstaunlich und merkwürdig sind, als die allbekannte Metamorphose des Schmetterlings.

Wenn nun schon an sich die Verfolgung dieser merkwürdigen Formenreihe, welche der Mensch während seiner embryonalen Entwickelung durchläuft, sicher Anspruch auf allgemeines Interesse machen darf, so werden wir doch eine ungleich höhere Befriedigung unseres Verstandes dann gewinnen, wenn wir diese Thatsachen auf ihre wirklichen Ursachen beziehen, und wenn wir in ihnen Naturerscheinungen verstehen lernen, die von der allergrössten Bedeutung für das gesammte menschliche Wissensgebiet sind. Diese Bedeutung betrifft zunächst insbesondere die „natürliche Schöpfungsge-

schichte", im Anschlusse daran aber, wie wir sogleich sehen werden, die gesammte Philosophie. Da nun aber in der Philosophie die allgemeinsten Resultate des gesammten menschlichen Erkenntniss-Strebens gesammelt sind, so werden alle menschlichen Wissenschaften mehr oder minder von der Entwickelungsgeschichte des Menschen berührt und beeinflusst werden müssen.

Indem ich nun in diesen Vorträgen den Versuch unternehme, Sie mit den wichtigsten Grundzügen dieser bedeutungsvollen Erscheinungen bekannt zu machen, und auf deren Ursachen hinzuführen, werde ich Begriff und Aufgabe der menschlichen Entwickelungsgeschichte bedeutend weiter fassen, als es gewöhnlich geschieht. Die akademischen Vorlesungen über diesen Gegenstand, wie sie seit einem halben Jahrhundert an den deutschen Hochschulen gehalten werden, sind stets ausschliesslich für Mediciner berechnet, und allerdings hat ja auch zunächst der Arzt das grösste Interesse, die Entstehung der körperlichen Organisation des Menschen kennen zu lernen, mit welcher er täglich in seinem Berufe sich praktisch zu beschäftigen hat. Eine solche specielle Darstellung der individuellen Entwickelungsvorgänge, wie sie in jenen embryologischen Vorlesungen bisher üblich war, darf ich hier nicht zu geben wagen, weil die meisten von Ihnen keine menschliche Anatomie studirt haben und mit dem Körperbau des entwickelten Menschen nicht vertraut sind. Ich muss mich deshalb darauf beschränken, in vielen Beziehungen nur die allgemeinen Umrisse zu ziehen, und kann nicht auf alle die merkwürdigen, aber sehr verwickelten und schwer darstellbaren Einzelheiten eingehen, welche insbesondere bei der speciellen Entwickelungsgeschichte der menschlichen Organe zur Sprache kommen und für deren volles Verständniss eine genaue Kenntniss der menschlichen Anatomie erforderlich ist. Doch werde ich mich bestreben, in diesem Theile der Wissenschaft so populär als möglich zu sein. Auch lässt sich in der That eine befriedigende allgemeine Vorstellung von dem Gange der embryonalen Entwickelung des Menschen geben, ohne dass man zu sehr auf die anatomischen Einzelheiten einzugehen braucht. Wie bereits in anderen Zweigen der Wissenschaft neuerdings vielfach mit Erfolg versucht worden ist, das Interesse weiterer gebildeter Kreise daran zu erwecken, so wird es mir hoffentlich auch auf diesem Gebiete gelingen. Allerdings stellt dasselbe in mancher Beziehung uns mehr Hindernisse entgegen, als jedes andere.

Die Entwickelungsgeschichte des Menschen, wie sie bisher in den akademischen Vorlesungen für Mediciner stets vorgetragen worden ist, hat immer nur die sogenannte **Embryologie** oder richtiger **Ontogenie**[1], die „individuelle Entwickelungsgeschichte“ des menschlichen Organismus, behandelt. Dies ist aber nur der erste Theil unserer Aufgabe, nur die erste Hälfte der Entwickelungsgeschichte des Menschen in dem weiteren Sinne, in welchem wir uns hier mit derselben beschäftigen wollen. Dieser gegenüber steht als zweite Hälfte, als zweiter, ebenso wichtiger und interessanter Theil die Entwickelungsgeschichte des menschlichen Stammes, die **Phylogenie**[2]; das ist die Entwickelungsgeschichte der verschiedenen Thierformen, aus denen sich im Laufe ungezählter Jahrtausende allmählich das Menschengeschlecht hervorgebildet hat. Ihnen Allen ist die gewaltige wissenschaftliche Bewegung bekannt, welche vor fünfzehn Jahren der grosse englische Naturforscher CHARLES DARWIN durch sein berühmtes Buch über die Entstehung der Arten hervorgerufen hat. Als wichtigste unmittelbare Folge hat dieses epochemachende Werk neue Forschungen über den Ursprung des Menschengeschlechts veranlasst, welche dessen allmähliche Entwickelung aus niederen Thierformen nachgewiesen haben. Wir nennen die Wissenschaft, welche diesen Ursprung des Menschengeschlechts aus dem Thierreiche zu erkennen bemüht ist, die **Phylogenie** oder **Stammesgeschichte** des Menschen. Die wichtigste Quelle, aus welcher diese Wissenschaft schöpft, ist eben die **Ontogenie** oder **Keimesgeschichte**, die individuelle Entwickelungsgeschichte. Ausserdem aber liefert auch die **Paläontologie** oder Versteinerungskunde ihr die wichtigsten Stützpunkte, und in noch viel höherem Masse die **vergleichende Anatomie**.

Diese beiden Theile unserer Wissenschaft, einerseits die Ontogenie oder Keimesgeschichte, andererseits die Phylogenie oder Stammesgeschichte, stehen im allerengsten Zusammenhange, und die eine kann ohne die andere nicht verstanden werden. Der Zusammenhang zwischen beiden ist nicht äusserer, oberflächlicher, sondern tief innerer, ursächlicher Natur. Allerdings ist diese Erkenntniss erst eine Errungenschaft der neuesten Zeit, und selbst jetzt wird das darauf gestützte **Grundgesetz der organischen Entwickelung** noch vielfach bezweifelt, ja selbst von berühmten Männern der Wissenschaft nicht anerkannt. Dieses „**biogenetische Grundgesetz**“[3],

auf das wir immer wieder zurückkommen werden und von dessen Anerkennung das ganze innere Verständniss der Entwickelungsgeschichte abhängt, lässt sich kurz in dem Satze ausdrücken: Die Keimesgeschichte ist ein Auszug der Stammesgeschichte; oder mit anderen Worten: Die Ontogenie ist eine kurze Recapitulation der Phylogenie; oder etwas ausführlicher: Die Formenreihe, welche der individuelle Organismus während seiner Entwickelung von der Eizelle an bis zu seinem ausgebildeten Zustande durchläuft, ist eine kurze, gedrängte Wiederholung der langen Formenreihe, welche die thierischen Vorfahren desselben Organismus (oder die Stammformen seiner Art) von den ältesten Zeiten der sogenannten organischen Schöpfung an bis auf die Gegenwart durchlaufen haben.

Die ursächliche oder causale Natur des Verhältnisses, welches die Keimesgeschichte mit der Stammesgeschichte verbindet, ist in den Erscheinungen der Vererbung und der Anpassung begründet. Wenn wir diese richtig verstanden und ihre fundamentale Bedeutung für die Formbildung der Organismen erkannt haben, dann können wir noch einen Schritt weiter gehen und können sagen: Die Phylogenese ist die mechanische Ursache der Ontogenese. Die Stammesentwickelung bewirkt nach den Gesetzen der Vererbung und Anpassung alle die Vorgänge, welche in der Keimesentwickelung zu Tage treten.

Die Kette von verschiedenartigen Thiergestalten, welche nach der Descendenztheorie die Ahnenreihe oder Vorfahrenkette jedes höheren Organismus, und also auch des Menschen, zusammensetzen, stellt immer ein zusammenhängendes Ganzes dar, eine ununterbrochene Gestaltenfolge, welche wir mit der Buchstabenreihe des Alphabets bezeichnen wollen: A, B, C, D, E u. s. w. bis Z. In scheinbarem Widerspruche hierzu führt uns die individuelle Entwickelungsgeschichte oder die Ontogenie der meisten Organismen nur einen Bruchtheil dieser Formenreihe vor Augen, so dass die embryonale Gestaltenkette etwa lauten würde: A, B, F, H, I, K, L u. s. w. oder in anderen Fällen: B, D, H, L, M, N u. s. w. Es sind also hier gewöhnlich viele einzelne Entwickelungsformen aus der ursprünglich ununterbrochenen Formenkette ausgefallen. Um so wichtiger ist es, dass trotzdem die Reihenfolge dieselbe bleibt, und dass wir im Stande sind, den ursprünglichen Zusammenhang derselben zu erken-

nen. In der That existirt immer ein vollkommener Parallelismus der beiden Entwickelungsreihen, jedoch mit dem Unterschiede, dass meistens in der ontogenetischen Entwickelungsreihe Vieles fehlt und verloren gegangen ist, was in der phylogenetischen Entwickelungsreihe früher existirte und wirklich gelebt hat. Wenn der Parallelismus beider Reihen vollständig wäre, und wenn dieses grosse Grundgesetz von dem Causalnexus der Ontogenie und Phylogenie im eigentlichen Sinne des Wortes volle und unbedingte Geltung hätte, so würden wir bloss mit dem Mikroskop und mit dem anatomischen Messer die Formenreihe festzustellen haben, welche das befruchtete Ei des Menschen bis zu seiner vollständigen Ausbildung durchläuft; wir würden dadurch sofort uns ein vollständiges Bild von der merkwürdigen Formenreihe verschaffen, welche die thierischen Vorfahren des Menschengeschlechts von Anbeginn der organischen Schöpfung an bis zum ersten Auftreten des Menschen durchlaufen haben. Jene Wiederholung oder Recapitulation der Phylogenie durch die Ontogenie ist aber nur in seltenen Fällen ganz vollständig und entspricht nur selten der ganzen Buchstabenreihe des Alphabets. In den allermeisten Fällen ist vielmehr dieser Auszug sehr unvollständig, vielfach durch Ursachen, die wir später kennen lernen werden, verändert und gefälscht. Wir sind daher meistens nicht im Stande, alle verschiedenen Formzustände, welche die Vorfahren jedes Organismus durchlaufen haben, unmittelbar durch die Ontogenie im Einzelnen festzustellen; vielmehr stossen wir gewöhnlich — und so auch in der Phylogenie des Menschen — auf mannichfache Lücken, welche wir zwar mit Hülfe der vergleichenden Anatomie zum grössten Theil in befriedigender Weise zu überbrücken im Stande sind, aber doch nicht unmittelbar vor dem wissbegierigen Auge durch ontogenetische Beobachtung ausfüllen können. Um so wichtiger ist es, dass wir eine ganze Anzahl von niederen Thierformen kennen, welche noch jetzt in der individuellen Entwickelungsgeschichte des Menschen vertreten sind. Hier dürfen wir mit der grössten Sicherheit aus der Beschaffenheit der vorübergehenden individuellen Form (nach jenem Gesetze des Causalnexus) auf die einstmalige Formbeschaffenheit der thierischen Vorfahrenform schliessen, welche durch dieses ontogenetische Stadium wiederholt oder recapitulirt wird.

Um nur ein Beispiel anzuführen, so können wir z. B. aus der Thatsache, dass das menschliche Ei eine einfache Zelle ist, unmit-

telbar auf eine uralte einzellige Vorfahrenform des Menschengeschlechts (einer Amoebe gleich) schliessen; ebenso lässt sich aus der Thatsache, dass der menschliche Embryo anfänglich bloss aus zwei einfachen Keimblättern besteht, unmittelbar ein sicherer Schluss auf die uralte Ahnenform der zweiblätterigen Gastraea ziehen; und eine spätere Embryonalform des Menschen deutet eben so bestimmt auf eine uralte wurmartige Ahnenform hin, die in den heutigen Seescheiden oder Ascidien ihre nächsten Verwandten besitzt. Welche niederen Thierformen aber zwischen der einzelligen Form (der Amoebe) und der Gastraea, und anderseits zwischen der Gastraea und der Ascidie die Vorfahrenreihe des Menschen zusammensetzten, das lässt sich nur sehr unsicher mit Hülfe der vergleichenden Anatomie und Ontogenie errathen. Hier sind im Verlaufe der historischen Entwickelung (durch abgekürzte Vererbung) allmählich verschiedene ontogenetische Zwischenformen ausgefallen, welche phylogenetisch (in der Vorfahrenkette) existirt haben müssen. Aber trotz dieser zahlreichen und bisweilen sehr fühlbaren Lücken existirt doch im Ganzen durchaus kein Widerspruch zwischen beiden Entwickelungsreihen. Vielmehr wird es eine Hauptaufgabe dieser Vorträge sein, die innere Harmonie und den vollkommenen Parallelismus beider Reihen nachzuweisen. Ich hoffe Sie durch Anführung zahlreicher Thatsachen zu überzeugen, wie wir aus der factisch bestehenden, jeden Augenblick zu demonstrirenden embryonalen Formenreihe die sichersten Schlüsse auf den Stammbaum des Menschen ziehen können, und so in den Stand gesetzt werden, uns ein allgemeines Bild von der Formenreihe der Thiere zu entwerfen, welche als directe Vorfahren des Menschen zu betrachten sind.

Das ist das Grundgesetz der organischen Entwickelung, das höchst bedeutungsvolle „biogenetische Grundgesetz“, auf welches wir immer zurückkommen werden; der „rothe Faden“, an dem wir alle einzelnen Erscheinungen dieses wunderbaren Gebietes aufreihen können; der „Ariadnefaden“, mit dessen Hülfe allein wir im Stande sind, den Weg des Verständnisses durch dieses verwickelte Formenlabyrinth zu finden. Schon in früherer Zeit, als man mit der Entwickelungsgeschichte des menschlichen und des thierischen Individuums zuerst genauer bekannt wurde — und dies ist kaum ein halbes Jahrhundert her! —), ist man im höchsten Grade durch die wunderbare Aehnlichkeit überrascht worden, welche zwi-

schen den ontogenetischen Formen oder den individuellen Entwickelungsstufen sehr verschiedener Thiere besteht, und man hat auch auf die wunderbare Aehnlichkeit hingewiesen, welche zwischen ihnen und gewissen entwickelten Thierformen verwandter niederer Gruppen sich zeigt; Formen, die gewissermaassen im Systeme des Thierreiches eine vorübergehende individuelle Entwickelungsform höherer Gruppen bleibend darstellen oder fixiren. Aber man ist früher nicht im Stande gewesen, diese überraschende Aehnlichkeit zu verstehen und richtig zu deuten. Gerade die Eröffnung dieses Verständnisses verdanken wir DARWIN, indem dieser geniale Naturforscher zum ersten Male die Erscheinungen der Vererbung einerseits, der Anpassung anderseits in das gehörige Licht stellte, und die Bedeutung ihrer beständigen Wechselwirkung für die Entstehung der organischen Formen nachwies. Er zeigte zuerst, welche wichtige Rolle hierbei der unaufhörliche, zwischen allen Organismen stattfindende „Kampf ums Dasein" spielt, und wie unter seinem Einflusse (durch „natürliche Züchtung") neue Arten von Organismen (lediglich durch die Wechselwirkung von Vererbung und Anpassung) entstanden sind und noch fortwährend entstehen. Dadurch hat uns DARWIN den Weg des wahren Verständnisses für jene unendlich wichtigen Beziehungen zwischen den beiden Theilen der Entwickelungsgeschichte eröffnet. zwischen der Ontogenie und der Phylogenie.

Wenn Sie von den Erscheinungen der Vererbung und der Anpassung absehen, wenn Sie diese beiden formbildenden physiologischen Functionen des Organismus nicht berücksichtigen, so ist jedes tiefere Verständniss der Entwickelungsgeschichte vollkommen unmöglich, und daher hatten wir bis auf DARWIN überhaupt keine klare Vorstellung von dem eigentlichen Wesen und von den Ursachen der Keimesentwickelung. Man konnte sich die sonderbare Formenreihe durchaus nicht erklären, welche der Mensch während seiner embryonalen Entwickelung durchläuft: man begriff nicht, warum diese seltsame Reihe von verschiedenen thierähnlichen Formen in der Ontogenese des Menschen erscheint. Früher nahm man sogar allgemein an, dass der Mensch im Ei bereits mit allen seinen Theilen vorgebildet existire, und dass die Entwickelung desselben nur eine Auswickelung der Gestalt, ein einfaches Wachsthum sei. Dies ist jedoch keineswegs der Fall. Vielmehr führt der ganze individuelle Entwickelungsprocess eine zusammenhängende Reihe von verschie-

denartigen Thiergestaltungen an unseren Augen vorüber, Gestaltungen von sehr verschiedenen äusseren und inneren Formverhältnissen. Warum nun jedes menschliche Individuum diese Formenreihe während seiner embryonalen Entwickelung durchlaufen muss, das ist uns erst durch LAMARCK's und DARWIN's Abstammungslehre oder Descendenztheorie verständlich geworden; durch diese Theorie haben wir erst die bewirkenden Ursachen, die wahren *causae efficientes* der individuellen Entwickelung kennen gelernt; durch diese Theorie sind wir erst zu der Einsicht gelangt, dass solche mechanische Ursachen allein genügen, um die individuelle Entwickelung des Organismus zu bewirken, und dass es dazu nicht noch der früher allgemein angenommenen planmässigen oder zweckthätigen Ursachen (*causae finales*) bedarf. Allerdings spielen diese Zweckursachen auch heute noch in der herrschenden Schulphilosophie eine grosse Rolle; aber in unserer neuen Naturphilosophie sind wir im Stande, dieselben durch die bewirkenden Ursachen völlig auszuschliessen.

Indem ich dieses Verhältniss schon jetzt berühre, glaube ich auf einen der wichtigsten Fortschritte hinzuweisen, der überhaupt im Gebiete der menschlichen Erkenntniss im letzten Jahrzehnt stattgefunden hat. Die Geschichte der Philosophie zeigt uns, dass fast allgemein in der gegenwärtigen Weltanschauung, wie in derjenigen des Alterthums, die zweckthätigen Ursachen als die eigentlichen Grundursachen der Erscheinungen in der organischen Natur, und namentlich im Menschenleben, angesehen werden. Die herrschende „Zweckmässigkeitslehre“ oder Teleologie nimmt an, dass die Erscheinungen des organischen Lebens und namentlich diejenigen der Entwickelung nur durch zweckmässige Ursachen erklärbar, hingegen einer mechanischen, d. h. einer rein naturwissenschaftlichen, Erklärung durchaus nicht zugänglich sind. Nun sind aber gerade die schwierigsten Räthsel, welche uns in dieser Beziehung bisher vorgelegen haben und welche nur durch die Teleologie lösbar schienen, durch die Descendenztheorie in mechanischem Sinne gelöst worden. Die durch letztere bewirkte Umgestaltung der Entwickelungsgeschichte des Menschen hat hier die grössten Hindernisse thatsächlich beseitigt. Wir werden im Verlaufe unserer Untersuchungen klar erkennen, wie die wunderbarsten, bisher für unzugänglich gehaltenen Räthsel in der Organisation des Menschen und der Thiere durch DARWIN's Reform

der Entwickelungslehre einer natürlichen Auflösung, einer mechanischen Erklärung durch zwecklos thätige Ursachen zugänglich geworden sind. Ueberall werden wir dadurch in den Stand gesetzt, unbewusste, nothwendig wirkende Ursachen an die Stelle der bewussten, zweckthätigen Ursachen zu setzen.

Wenn die neueren Fortschritte der Entwickelungslehre dies allein geleistet hätten, würde jeder tiefer denkende Mensch zugeben müssen, dass dadurch ein ungeheurer Fortschritt in der Erkenntniss gewonnen sei; denn es muss in Folge dessen in der gesammten Philosophie jene Richtung endgültig zur Herrschaft gelangen, welche man die einheitliche oder monistische nennt, im Gegensatze zu der dualistischen oder zwiespältigen, welche bisher in der speculativen Philosophie herrschend war. Hier ist der Hebelpunkt, wo unmittelbar die Entwickelungsgeschichte des Menschen tief in die Fundamente der Philosophie eingreift. Allein schon aus diesem Grunde ist es höchst wünschenswerth, ja eigentlich unerlässlich, dass jeder Mensch, welcher nach philosophischer Bildung strebt, sich mit den wichtigsten Thatsachen unseres Forschungsgebietes bekannt macht.

Die Bedeutung der ontogenetischen Thatsachen ist in dieser Beziehung so gross und springt so sehr in die Augen, dass noch in neuester Zeit die dualistische und teleologische Philosophie diese ihr höchst unbequemen Thatsachen durch einfaches Leugnen zu beseitigen gesucht hat. So ging es z. B. mit der Thatsache, dass sich der Mensch aus einem Ei entwickelt, und dass dieses Ei eine einfache Zelle ist, wie die Eizelle aller andern Thiere. Nachdem ich in meiner „Natürlichen Schöpfungsgeschichte“ diese fundamentale Thatsache erörtert und auf ihre unermessliche Bedeutung hingewiesen hatte, wurde dieselbe in mehreren theologischen Zeitschriften als eine böswillige Erfindung von mir ausgegeben. Ebenso leugnete man die nackte Thatsache, dass sich die Embryonen von Mensch und Hund in einem gewissen Stadium ihrer Entwickelung durchaus nicht von einander unterscheiden lassen. Wenn wir nämlich den menschlichen Embryo in der dritten oder vierten Woche seiner Entwickelung untersuchen, so finden wir ihn gänzlich verschieden von dem vollkommen entwickelten Menschen, hingegen völlig übereinstimmend mit der unentwickelten Embryoform, welche der Affe, der Hund, das Kaninchen und andere Säugethiere in demselben Stadium der Ontogenese darbieten. Wir finden einen sehr einfach gebildeten Körper,

der hinten mit einem Schwanz, an den Seiten mit zwei Paar Ruderflossen versehen ist, die den Flossen der Fische, aber keineswegs den Gliedmaassen des Menschen und der Säugethiere ähnlich sind. Fast die ganze vordere Körperhälfte bildet ein unförmlicher Kopf ohne Gesicht, an dessen Seite sich Kiemenspalten und Kiemenbogen wie bei den Fischen befinden (vgl. Tafel V und S. 256). In diesem Stadium seiner Entwickelung unterscheidet sich der menschliche Embryo, selbst wenn wir ihn mit dem schärfsten Mikroskope auf das Genaueste untersuchen, durchaus nicht von dem gleichalterigen Embryo eines Affen, Hundes, Pferdes, Rindes u. s. w. Auch diese Thatsache, die jeden Augenblick durch Vergleichung der betreffenden Embryonen des Menschen, des Hundes u. s. w. leicht und unmittelbar zu beweisen ist, haben die Theologen und die theologischen Philosophen für eine Erfindung des Materialismus ausgegeben; und sogar Naturforscher, denen die Thatsache wohl bekannt sein musste, haben dieselbe zu leugnen versucht[4]. Es kann wohl kein glänzenderer Beweis für die unermessliche principielle Bedeutung dieser embryologischen Thatsachen zu Gunsten der monistischen Philosophie geliefert werden, als diese Versuche der dualistischen Philosophie, sie einfach durch Leugnen oder Todtschweigen aus der Welt zu schaffen. Freilich sind sie für die letztere im höchsten Grade unbequem und mit ihrer teleologischen Weltanschauung ganz unverträglich. Um so mehr werden wir unserseits bemüht sein, sie in das gehörige Licht zu stellen. Wir theilen vollständig die Ansicht des berühmten englischen Naturforschers HUXLEY, welcher in seinen trefflichen „Zeugnissen für die Stellung des Menschen in der Natur" sehr richtig bemerkt: „Obgleich diese Thatsachen von vielen anerkannten Lehrern des Volkes ignorirt werden, so sind sie doch leicht nachzuweisen und mit Uebereinstimmung von allen Männern der Wissenschaft angenommen; während anderseits ihre Bedeutung so gross ist, dass Diejenigen, welche sie gehörig erwogen haben, meiner Meinung nach wenig andere biologische Offenbarungen finden werden, die sie überraschen können." (Vergl. S. 80).

Wenn wir auch als unsere Hauptaufgabe zunächst nur die Entwickelungsgeschichte der Körperform des Menschen und seiner Organe, die äusseren und inneren Gestaltungsverhältnisse verfolgen, so will ich doch schon hier darauf aufmerksam machen, dass damit Hand in Hand die Entwickelungsgeschichte der Leistungen oder

Functionen geht. Ueberall in der Anthropologie, wie in der Zoologie (von der die erstere ja nur ein Theil ist), überall in der Biologie sind diese beiden Zweige der Forschung unzertrennlich verbunden. Ueberall ist die eigenthümliche Form des Organismus und seiner Organe, innere wie äussere, unmittelbar verknüpft mit der eigenthümlichen Lebenserscheinung, oder der physiologischen Function, welche von diesem Organismus und seinen Organen ausgeübt wird. Diese innige Beziehung zwischen Form und Function zeigt sich auch in der Entwickelung des Organismus und aller seiner Theile. Die Entwickelungsgeschichte der Formen, welche uns zunächst beschäftigt, ist zugleich Entwickelungsgeschichte der Functionen, und zwar gilt das vom menschlichen Organismus gerade so gut, wie von jedem anderen Organismus.

Allerdings muss ich hier gleich hinzufügen, dass unsere Kenntnisse von der Entwickelung der Functionen noch nicht entfernt so weit gediehen sind, als diejenigen von der Entwickelung der Formen. Ja, bisher ist eigentlich die gesammte Entwickelungsgeschichte oder Biogenie, und zwar sowohl die Ontogenie als die Phylogenie, fast ausschliesslich Entwickelungsgeschichte der Formen gewesen und die Biogenie der Functionen existirt kaum dem Namen nach. Das ist lediglich die Schuld der Physiologie, die sich bisher fast noch gar nicht um die Entwickelungsgeschichte gekümmert und deren Pflege völlig der Morphologie überlassen hat.

Schon seit langer Zeit sind die beiden Hauptzweige biologischer Forschung, Morphologie und Physiologie, auseinander gegangen und haben verschiedene Wege eingeschlagen. Das ist ganz naturgemäss. Denn sowohl die Ziele als die Methoden beider Zweige sind verschieden. Die Morphologie oder Formenlehre strebt nach dem wissenschaftlichen Verständniss der organischen Gestalten, der inneren und äusseren Formverhältnisse. Die Physiologie oder Functionslehre hingegen sucht die Erkenntniss der organischen Functionen oder der Lebenserscheinungen. Nun hat sich aber, besonders in den letzten zwanzig Jahren, die Physiologie viel einseitiger entwickelt als die Morphologie. Nicht allein hat sie die vergleichende Methode, durch welche die letztere die grössten Resultate erzielt hat, gar nicht angewendet, sondern auch die Entwickelungsgeschichte völlig vernachlässigt. So ist es denn gekommen, dass in den letzten Decennien die Morphologie weitaus die Physiologie überflügelt

hat, obgleich die letztere es liebt, sehr vornehm auf die erstere herabzusehen. Die Morphologie hat auf dem Wege der vergleichenden Anatomie und Biogenie die grössten Resultate erzielt, und fast Alles, was ich Ihnen über die Entwickelnngsgeschichte des Menschen in diesen Vorträgen zu sagen habe, ist durch die Anstrengungen der Morphologen, nicht der Physiologen, gewonnen worden. Ja, die einseitige Richtung der heutigen Physiologie geht sogar so weit, dass sie die Erkenntniss der wichtigsten Entwickelungsfunctionen, der Vererbung und Anpassung, bisher völlig vernachlässigt und selbst diese rein physiologische Aufgabe den Morphologen überlassen hat. Fast Alles, was wir bis jetzt von der Vererbung und von der Anpassung wissen, verdanken wir den Morphologen, nicht den Physiologen[5]. Letztere bearbeiten noch ebenso wenig die Functionen der Entwickelung, als die Entwickelung der Functionen.

Es wird daher erst die Aufgabe einer zukünftigen Physiogenie sein, die Entwickelungsgeschichte der Functionen mit gleichem Eifer und Erfolge in Angriff zu nehmen, wie dies für die Entwickelungsgeschichte der Formen von der Morphogenie längst geschehen ist[6]. Wie innig beide zusammenhängen, will ich Ihnen nur an ein paar Beispielen erläutern. Das Herz des menschlichen Embryo zeigt ursprünglich eine sehr einfache Beschaffenheit, wie sie sich nur bei Ascidien und anderen niederen Würmern permanent vorfindet; damit ist zugleich eine höchst einfache Art des Blutkreislaufes verbunden. Wenn wir nun anderseits sehen, dass mit der fertigen Herzform des Menschen eine von der ersteren gänzlich verschiedene und viel verwickeltere Function des Blutkreislaufes zusammenhängt, so wird sich bei Untersuchung der Entwickelung des Herzens ganz von selbst unsere ursprünglich morphologische Aufgabe zugleich zu einer physiologischen erweitern. Dasselbe gilt von allen anderen Organen. So liefert uns z. B. die Entwickelungsgeschichte des Darmkanals, der Lunge, der Geschlechtsorgane durch die genaue vergleichende Erforschung der Formenentwickelung zugleich die wichtigsten Aufschlüsse über die Entwickelung der entsprechenden Functionen dieser Organe. So sind wir z. B. durch die embryologischen Entdeckungen der letzten Jahre in den Stand gesetzt worden, verschiedene räthselhafte Verhältnisse der Fortpflanzung dadurch richtig zu verstehen, dass wir die wunderbaren Entwickelungsverhältnisse der Geschlechtsorgane tiefer erkannt haben.

In der klarsten Weise tritt uns dieses bedeutungsvolle Verhältniss bei der Entwickelungsgeschichte des Nervensystems entgegen. Dieses Organsystem vermittelt in der Oekonomie des menschlichen Körpers die höchsten Functionen, diejenigen, welche man zum Theil als rein menschliche anzusehen seit langer Zeit gewöhnt ist. Es vollzieht die Functionen der Empfindung, die Functionen der willkürlichen Bewegung, der Willensthätigkeit, und endlich die höchsten psychischen Functionen, diejenigen des Denkens; kurz alle die verschiedenen Leistungen, welche den besonderen Gegenstand der Psychologie oder Seelenlehre bilden. Die neuere Anatomie und Physiologie hat uns überzeugt, dass diese Seelenfunctionen oder Geistesthätigkeiten unmittelbar von der feineren Structur des Centralnervensystems, von den inneren Formverhältnissen des Gehirns und des Rückenmarkes abhängig sind. Hier befindet sich die höchst verwickelte Zellenmaschinerie, deren physiologische Function das menschliche Seelenleben ist. Sie ist so verwickelt, dass diese Function selbst den meisten Menschen als eine übernatürliche, nicht mechanisch erklärbare erscheint.

Nun liefert uns aber die individuelle Entwickelungsgeschichte über die allmähliche Entstehung und stufenweise Ausbildung dieses wichtigsten Organsystems die überraschendsten und bedeutungsvollsten Aufschlüsse. Denn die erste Anlage des Centralnervensystems beim menschlichen Embryo erfolgt in derselben einfachsten Form, welche bei Ascidien und anderen niederen Würmern zeitlebens bestehen bleibt. Daraus entwickelt sich dann zunächst ein ganz einfaches Rückenmark ohne Gehirn, wie es bei dem niedersten Wirbelthiere, beim Amphioxus, zeitlebens das Seelenorgan darstellt. Erst später bildet sich aus dem vordersten Ende dieses Rückenmarks ein Gehirn hervor, und zwar ein Gehirn von einfachster Form, wie es bei niederen Fischen beständig ist. Schritt für Schritt entwickelt sich dieses einfache Gehirn dann weiter, durch Formen hindurch, welche denjenigen der Amphibien, der Schnabelthiere, der Beutelthiere und der Halbaffen entsprechen, bis zu derjenigen höchst organisirten Form, welche die Affen vor den übrigen Wirbelthieren auszeichnet, und welche schliesslich in der menschlichen Gehirnbildung ihre höchste Blüthe erreicht. Schritt für Schritt geht aber auch mit dieser fortschreitenden Entwickelung der Gehirn*form* die eigenthümliche *Function* desselben, die Seelenthätigkeit, Hand in Hand.

und wir werden daher durch die Entwickelungsgeschichte des Centralnervensystems zum ersten Male in die Lage versetzt, auch die natürliche Entstehung des menschlichen Seelenlebens, die allmähliche historische Ausbildung der menschlichen Geistesthätigkeit zu begreifen. Nur mit Hülfe der Ontogenie vermögen wir zu erkennen, wie diese höchsten und glänzendsten Functionen des thierischen Organismus historisch sich entwickelt haben. Mit einem Worte: Die Entwickelungsgeschichte des Rückenmarks und Gehirns im menschlichen Embryo leitet uns unmittelbar zu der Erkenntniss der Phylogenie des menschlichen Geistes, jener allerhöchsten Lebensthätigkeit, die wir heute beim entwickelten Menschen als etwas so Wunderbares und Uebernatürliches zu betrachten gewohnt sind. Ich glaube, dass gerade dieses hier angedeutete Resultat der entwickelungsgeschichtlichen Forschung das grösste und bedeutendste ist, welches überhaupt auf diesem Gebiete erreicht werden konnte. Glücklicherweise ist unsere ontogenetische Erkenntniss des menschlichen Centralnervensystems so befriedigend und steht in solcher erfreulichen Uebereinstimmung mit den ergänzenden Resultaten der vergleichenden Anatomie und Physiologie, dass wir dadurch eine vollkommen klare Einsicht in eines der höchsten philosophischen Probleme, in die Phylogenie der Psyche oder die Stammesgeschichte der menschlichen Geistesthätigkeit erlangen, und damit auf denjenigen Weg geführt sind, auf welchem allein wir dieses höchste Problem zu lösen im Stande sein werden.

Erste Tabelle.

Uebersicht über die Hauptzweige der Biogenie oder der organischen Entwickelungsgeschichte, mit Rücksicht auf die vier Hauptstufen der organischen Individualität. (Zelle, Organ, Person und Stock.)

Hauptzweig	Zweig	Unterabtheilungen
I. Erster Hauptzweig der Biogenie: **Keimesgeschichte oder Ontogenie.** (Embryologische Entwickelungsgeschichte der organischen Individuen.)	1. **Keimesgeschichte der Formen.** (*Morphontogenie*).	1. **Keimesgeschichte der Zellen** (und Cytoden) und der daraus zusammengesetzten Gewebe. *Histogenie.* 2. **Keimesgeschichte der Organe** und der daraus zusammengesetzten Systeme und Apparate. *Organogenie.* 3. **Keimesgeschichte der Personen** (sogen. „Entwickelungsgeschichte der Leibesform"). *Blastogenie.* 4. **Keimesgeschichte der Stöcke** (oder der aus Personen zusammengesetzten socialen Individualitäten: Familien, Gemeinden, Staaten etc.). *Cormogenie.*
	2. **Keimesgeschichte der Functionen** (*Physiontogenie*).	Die Keimesgeschichte der Functionen oder die individuelle Entwickelungsgeschichte der Lebensthätigkeiten ist noch nicht genauer wissenschaftlich untersucht.
II. Zweiter Hauptzweig der Biogenie: **Stammesgeschichte oder Phylogenie.** (Paläontologische Entwickelungsgeschichte der organischen Arten.)	3. **Stammesgeschichte der Formen** (*Morphophylogenie*).	1. **Stammesgeschichte der Zellen** (fast noch gar nicht bearbeitet). *Histophylogenie.* 2. **Stammesgeschichte der Organe** (ein unbewusstes Hauptobject der „vergleichenden Anatomie"). *Organophylogenie.* 3. **Stammesgeschichte der Personen** (ein unbewusstes Hauptobject der „natürlichen Systematik"). *Blastophylogenie.* 4. **Stammesgeschichte der Stöcke** (oder der aus Personen zusammengesetzten socialen Individualitäten: Familien, Gemeinden, Staaten etc.). *Cormophylogenie.*
	4. **Stammesgeschichte der Functionen** (*Physiophylogenie*).	Die Stammesgeschichte der Functionen oder die paläontologische Entwickelungsgeschichte der Lebensthätigkeiten ist bei den meisten Organismen noch gar nicht untersucht; beim Menschen muss dahin ein grosser Theil der sogenannten „Weltgeschichte" gerechnet werden.

Zweiter Vortrag.

Die ältere Keimesgeschichte.

Caspar Friedrich Wolff.

„Wer die Generation erklären will, der wird den organischen Körper und dessen Theile, woraus er besteht, zum Vorwurf nehmen und hierüber philosophiren müssen; er wird zeigen müssen, wie diese Theile entstanden sind, und wie sie in der Verbindung, in welcher sie mit einander stehen, entstanden sind. Wer aber eine Sache nicht aus der Erfahrung unmittelbar, sondern aus ihren Gründen und Ursachen erkennt, wer also durch diese, nicht durch die Erfahrung, gezwungen wird zu sagen: „„die Sache muss so und sie kann nicht anders sein, sie muss sich nothwendig so verhalten, sie muss diese Eigenschaften haben und andere kann sie nicht haben"" — der sieht die Sache nicht nur historisch, sondern wirklich philosophisch ein, und er hat eine philosophische Kenntniss von ihr. Eine solche philosophische Erkenntniss von einem organischen Körper, die von der bloss historischen sehr verschieden ist, wird unsere Theorie der Generation sein."

Caspar Friedrich Wolff (1764).

Inhalt des zweiten Vortrages.

Entwickelungsgeschichte der Thiere von Aristoteles. Seine Kenntnisse in der Keimesgeschichte niederer Thiere. Stillstand der naturwissenschaftlichen Forschung im christlichen Mittelalter. Erstes Erwachen der Ontogenie im Beginne des siebzehnten Jahrhunderts. Fabricius ab Aquapendente. Harvey. Marcello Malpighi. Die Bedeutung des bebrüteten Hühnchens. Die Theorie der Praeformation und der Einschachtelung (Evolution und Praedelineation). Männliche und weibliche Einschachtelungstheorie. Entweder das Samenthierchen oder das Ei ist das vorgebildete Individuum. Animalculisten oder Spermagläubige (Leeuwenhoek, Hartsoeker, Spallanzani). Ovulisten oder Eigläubige (Haller, Leibnitz, Bonnet). Sieg der Praeformationstheorie durch die Autorität von Haller und Leibnitz. Caspar Friedrich Wolff. Seine Schicksale. Die Theoria generationis. Neubildung oder Epigenesis. Die Entwickelungsgeschichte des Darmcanals. Die Keime der Keimblätter-Theorie (vier Schichten oder Blätter). Die Metamorphose der Pflanzen. Die Keime der Zellentheorie. Wolff's monistische Philosophie.

II.

Meine Herren!

Beim Eintritt in jede Wissenschaft ist es in mehreren Beziehungen vortheilhaft, einen Blick auf ihren Entwickelungsgang zu werfen. Der bekannte Grundsatz, dass „jedes Gewordene nur durch sein Werden erkannt werden kann", findet auch auf die Wissenschaft seine Anwendung. Indem wir die stufenweise Ausbildung und das allmähliche Wachsthum derselben verfolgen, werden wir uns über ihre Aufgaben und Ziele am klarsten verständigen. Zugleich werden wir bald sehen, dass der heutige Zustand der Entwickelungsgeschichte des Menschen mit seinen vielen eigenthümlichen Verhältnissen nur dann richtig verstanden werden kann, wenn wir den historischen Entwickelungsgang unserer Wissenschaft selbst in Betracht ziehen. Diese Betrachtung wird uns nicht lange aufhalten. Denn die Entwickelungsgeschichte des Menschen gehört zu den allerjüngsten Naturwissenschaften, und zwar gilt das von beiden Theilen derselben, sowohl von der Keimesgeschichte oder Ontogenie, als auch von der Stammesgeschichte oder Phylogenie.

Wenn wir von den gleich zu besprechenden ältesten Keimen der Wissenschaft im klassischen Alterthum absehen, so beginnt eigentlich die wahre Entwickelungsgeschichte des Menschen als Wissenschaft erst mit dem Jahre 1759, in welchem einer der grössten deutschen Naturforscher, CASPAR FRIEDRICH WOLFF, seine „Theoria generationis" veröffentlichte. Das war der erste Grundstein zu einer wahren Keimesgeschichte der Thiere. Erst fünfzig Jahre später, 1809, publicirte JEAN LAMARCK seine „Philosophie zoologique", den ersten Versuch einer Stammesgeschichte; und abermals ein halbes Jahrhundert später, im Jahre 1859, erschien DARWIN's Werk, welches wir als die erste wissenschaftliche Begründung dieses Versuchs betrachten müssen. Ehe wir jedoch auf diese eigentliche Begrün-

dung der menschlichen Entwickelungsgeschichte näher eingehen. wollen wir einen flüchtigen Blick auf jenen grossen Philosophen und Naturforscher des Alterthums werfen, der in diesem Gebiete wie in allen andern Zweigen naturwissenschaftlicher Forschung während eines Zeitraumes von mehr als zweitausend Jahren einzig dasteht, auf ARISTOTELES.

Unter den hinterlassenen naturwissenschaftlichen Schriften des ARISTOTELES, welche sich mit verschiedenen Seiten biologischer Forschung beschäftigen, und unter denen namentlich die Geschichte der Thiere von grösster Bedeutung ist, findet sich auch ein kleineres Werk, welches speciell der Entwickelungsgeschichte gewidmet ist: „Ueber Zeugung und Entwickelung der Thiere“ („Peri Zoon Geneseos“, [7]). Dieses Werk ist schon deshalb von hohem Interesse, weil es das älteste und das einzige seiner Art ist, welches uns aus dem klassischen Alterthum einigermaassen vollständig überliefert wurde. und weil es gleich den anderen naturwisenschaftlichen Schriften des ARISTOTELES die ganze Wissenschaft zwei Jahrtausende hindurch beherrscht hat. Unser Philosoph war ein eben so scharfsinniger Beobachter, als genialer Denker. Aber während seine philosophische Bedeutung niemals zweifelhaft war, sind seine Verdienste als beobachtender Naturforscher erst neuerdings gehörig gewürdigt worden. Die Naturforscher, die in dieser neuesten Zeit wieder seine naturwissenschaftlichen Schriften einer genauen Untersuchung unterzogen, wurden durch die Fülle von interessanten Mittheilungen und merkwürdigen Beobachtungen überrascht, welche darin angehäuft sind. Bezüglich der Entwickelungsgeschichte ist hier besonders hervorzuheben, das ARISTOTELES dieselbe bei den verschiedensten Thierklassen verfolgte, und dass er namentlich im Gebiete der niederen Thiere bereits mehrere der merkwürdigsten Thatsachen kannte, mit denen wir erst in den vierziger und fünfziger Jahren dieses Jahrhunderts auf's Neue bekannt geworden sind. So steht es z. B. fest, dass er die ganz eigenthümliche Fortpflanzungs- und Entwickelungsweise der Tintenfische oder Cephalopoden genau kannte, bei welchen ein Dottersack aus dem Munde des Embryo heraushängt. Er wusste ferner, dass aus den Eiern der Bienen, auch wenn dieselben nicht befruchtet werden, sich Embryonen entwickeln. Diese sogenannte „Parthenogenesis“ oder die jungfräuliche Zeugung der Bienen ist erst in unseren Tagen durch den Münchener Zoologen SIEBOLD bestätigt

worden; derselbe zeigte, dass sich männliche Bienen aus unbefruchteten Eiern, weibliche hingegen nur aus befruchteten Eiern entwickeln.[31]) ARISTOTELES erzählt ferner, dass einzelne Fische (aus der Gattung *Serranus*) Zwitter seien, indem jedes Individuum männliche und weibliche Organe besitze und sich selbst befruchte. Auch das ist erst neuerdings bestätigt worden. Ebenso war ihm bekannt, dass der Embryo mancher Haifische durch eine Art Mutterkuchen oder Placenta, ein ernährendes blutreiches Organ, mit dem Mutterleibe verbunden ist, wie dies sonst nur bei den höheren Säugethieren und beim Menschen der Fall ist. Diese Placenta des Haifisches galt lange als Fabel, bis der Berliner Zoologe JOHANNES MÜLLER im Jahre 1839 die Thatsache als richtig erwies. So liessen sich aus der Entwickelungsgeschichte des ARISTOTELES noch eine Menge von merkwürdigen Beobachtungen anführen, die beweisen, wie genau dieser grosse Naturforscher mit ontogenetischen Untersuchungen vertraut und wie weit er in dieser Beziehung der folgenden Zeit voraus geeilt war.

Bei den meisten Beobachtungen begnügte er sich nicht mit der Mittheilung des Thatsächlichen, sondern knüpfte daran Betrachtungen über deren Bedeutung. Einige von diesen theoretischen Reflexionen sind deshalb von besonderem Interesse, weil sich darin eine richtige Grundanschauung vom Wesen der Entwickelungsvorgänge erkennen lässt. Er fasst die Entwickelung des Individuums als eine Neubildung auf, bei welcher die verschiedenen Körpertheile nach einander entstehen. Wenn das menschliche oder thierische Individuum sich im mütterlichen Körper oder im Ei ausserhalb desselben entwickelt, so soll zuerst das Herz entstehen, welches er als Anfangs- und Mittelpunkt des Körpers betrachtet. Nach der Bildung des Herzens treten dann die anderen Organe auf, die inneren früher als die äusseren, die oberen (welche über dem Zwerchfell liegen) früher als die unteren (welche unter demselben sich finden). Sehr frühzeitig bildet sich das Gehirn, aus welchem dann die Augen hervorwachsen. Diese Behauptung ist in der That ganz zutreffend. Suchen wir uns überhaupt aus diesen Angaben des ARISTOTELES ein Bild von seiner Auffassung der Entwickelungsvorgänge zu machen, so können wir wohl darin eine dunkle Ahnung derjenigen Entwickelungstheorie finden, welche wir heute die Epigenesis nennen und welche erst einige tausend Jahre später durch WOLFF thatsächlich als die allein richtige nachgewiesen worden ist. Dafür ist namentlich der Umstand

bezeichnend, dass ARISTOTELES die Ewigkeit des Individuums in jeder Beziehung leugnete. Er behauptete, ewig könne vielleicht die Art oder die Gattung sein, die aus den gleichartigen Individuen gebildet werde; allein das Individuum selbst sei vergänglich; es entstehe neu während des Zeugungsactes, und gehe beim Tode wieder zu Grunde.

Während der zwei Jahrtausende, die auf ARISTOTELES folgen, ist von keinem irgend wesentlichen Fortschritt in der Zoologie überhaupt, und in der Entwickelungsgeschichte im Besonderen, zu berichten. Man begnügte sich damit, seine zoologischen Schriften auszulegen, abzuschreiben, vielfach durch Zusätze zu verunstalten und sie in andere Sprachen zu übersetzen. Selbstständige Forschungen wurden während dieses langen Zeitraumes fast gar nicht angestellt. Namentlich war während des christlichen Mittelalters, wo mit der Ausbildung und Ausbreitung einflussreicher Glaubensvorstellungen überhaupt den selbstständigen naturwissenschaftlichen Forschungen unüberwindliche Hindernisse in den Weg gelegt wurden, von einer neuen Aufnahme der biologischen Forschungen gar keine Rede. Selbst als im sechzehnten Jahrhundert die menschliche Anatomie wieder zu erwachen begann und zum ersten Male wieder selbstständige Untersuchungen über den Körperbau des ausgebildeten Menschen angestellt wurden, wagten doch die Anatomen nicht, ihre Untersuchungen auch noch weiter auf die Beschaffenheit des noch nicht ausgebildeten menschlichen Körpers, auf die Bildung und Entwickelung des Embryo auszudehnen. Die damals herrschende Scheu vor derartigen Forschungen hatte vielerlei Ursachen. Sie erscheint natürlich, wenn man bedenkt, dass durch die Bulle des Pabstes Bonifacius VIII. der grosse Kirchenbann über Alle ausgesprochen war, die eine menschliche Leiche zu zergliedern wagten. Wenn nun schon die anatomische Untersuchung des entwickelten menschlichen Körpers für ein fluchwürdiges Verbrechen galt; um wieviel sträflicher und gottloser musste die Untersuchung des im Mutterleibe verborgenen kindlichen Körpers erscheinen, den der Schöpfer selbst durch seine verborgene Lage dem neugierigen Blicke der Naturforscher absichtlich entzogen zu haben schien! Die Allmacht der christlichen Kirche, die damals viele Tausende wegen Mangels an Rechtgläubigkeit hinrichten und verbrennen liess, und die damals schon mit richtigem Instincte die drohende Gefahr ihrer emporwachsenden Todfein-

din, der Naturwissenschaft, ahnte, wusste schon dafür zu sorgen, dass letztere keine zu raschen Fortschritte machte.

Erst als durch die Reformation die allumfassende Macht der alleinseligmachenden Kirche gebrochen war und ein neuer frischer Geisteshauch die geknechtete Wissenschaft aus den eisernen Fesseln der Glaubenshaft zu erlösen begann, konnte mit der Wiederaufnahme anderer naturwissenschaftlicher Forschungen auch die Anatomie und Entwickelungsgeschichte des Menschen sich wieder freier bewegen. Doch blieb die Ontogenie hinter der Anatomie weit zurück, und erst im Beginne des siebzehnten Jahrhunderts erschienen die ersten ontogenetischen Schriften. Den ersten Anfang machte der italiänische Anatom FABRICIUS AB AQUAPENDENTE, Professor in Padua, der in zwei Schriften (*de formato foetu* 1600, und *de formatione foetus* 1604) die ältesten Abbildungen und Beschreibungen von Embryonen des Menschen und anderer Säugethiere, sowie des Hühnchens veröffentlichte. Aehnliche unvollkommene Darstellungen gaben demnächst SPIGELIUS (*de formato foetu* 1631), der Engländer NEEDHAM (1667) und sein berühmter Landsmann HARVEY (1652), derselbe, der den Blutkreislauf im Thierkörper entdeckte und den wichtigen Ausspruch that: „*Omne vivum ex ovo*“ (Alles Lebendige entsteht aus einem Ei). Der holländische Naturforscher SWAMMERDAM veröffentlichte in seiner „Bibel der Natur“ die ersten Beobachtungen über die Embryologie des Frosches und die sogenannte „Furchung“ seines Eidotters. Die bedeutendsten ontogenetischen Untersuchungen aus dem siebzehnten Jahrhundert waren aber diejenigen des berühmten Italiäners MARCELLO MALPIGHI aus Bologna, der ebenso in der Zoologie wie in der Botanik bahnbrechend auftrat. Seine beiden Abhandlungen „*de formatione pulli*“ und „*de ovo incubato*“ (1687) enthalten die erste zusammenhängende Darstellung der Entwickelungsgeschichte des Hühnchens im Ei.

Hier muss ich gleich Einiges über die grosse Bedeutung bemerken, welche gerade das H ü h n c h e n für unseren Gegenstand besitzt. Die Bildungsgeschichte des Hühnchens, wie überhaupt aller Vögel, stimmt in ihren wesentlichen Grundzügen vollständig mit derjenigen aller anderen höheren Wirbelthiere, also auch des Menschen überein. Die drei höheren Wirbelthierklassen: Säugethiere, Vögel und Reptilien (Eidechsen, Schlangen, Schildkröten u. s. w.) zeigen vom Anfang ihrer individuellen Entwickelung an in allen wesentlichen Grundzü-

gen der Körperbildung, und besonders ihrer ersten Anlage, eine so vollständige Gleichheit, dass man sie lange Zeit hindurch gar nicht unterscheiden kann. Schon längst hat man sich überzeugt, dass man bloss sehr genau die Entwickelung eines Vogels, als des am leichtesten zugänglichen Gegenstandes, zu verfolgen brauche, um sich über die ganz gleiche Entwickelungsweise der Säugethiere, also auch des Menschen, zu unterrichten. Sobald als man um die Mitte und das Ende des achtzehnten Jahrhunderts menschliche Embryonen und überhaupt Säugethierembryonen aus früheren Stufen zu untersuchen begann, erkannte man sehr bald diese höchst wichtige Thatsache. Dieselbe ist sowohl in theoretischer wie in praktischer Beziehung von der grössten Bedeutung. Für die Theorie der Entwickelung lassen sich aus dieser gleichartigen Beschaffenheit der Embryonen von sehr verschiedenen Thieren die wichtigsten Schlüsse ziehen. Für die Praxis der embryologischen Untersuchung aber ist dieselbe deshalb unschätzbar, weil die sehr genau bekannte Ontogenie der Vögel die nur sehr lückenhaft untersuchte Embryologie der Säugethiere auf das vollständigste ergänzt und erläutert. Hühnereier kann man jederzeit in beliebiger Menge haben und durch ihre künstliche Bebrütung die Entwickelung des Embryo Schritt für Schritt verfolgen. Hingegen ist die Entwickelungsgeschichte der Säugethiere viel schwieriger zu untersuchen, weil hier der Embryo nicht in einem gelegten Ei, in einem selbstständigen isolirten Körper, sich entwickelt, sondern vielmehr das Ei im mütterlichen Körper eingeschlossen und bis zur Reife verborgen bleibt. Daher ist es sehr schwer, alle die einzelnen Stadien der Entwickelung behufs einer zusammenhängenden Untersuchung sich in grösserer Menge zu verschaffen, abgesehen von äusseren Gründen, wie den bedeutenden Kosten, den technischen Schwierigkeiten und mannigfaltigen anderen Hindernissen, auf welche grössere Untersuchungsreihen an befruchteten Säugethieren stossen. Daher ist seit jener Zeit bis auf den heutigen Tag das bebrütete Hühnchen dasjenige Object geblieben, welches bei weitem am häufigsten und genauesten untersucht ist. Besonders mit Hülfe der vervollkommneten Brütmaschinen kann man sich überall und zu jeder Zeit Hühnerembryonen in jedem beliebigen Stadium der Entwickelung und in beliebiger Anzahl verschaffen und so Schritt für Schritt ihre Ausbildung im Zusammenhang untersuchen. Die Entwickelungsgeschichte des Hühnchens wurde nun schon gegen Ende

des siebzehnten Jahrhunderts durch MALPIGHI so weit gefördert, und in den wesentlichsten gröberen und äusseren Verhältnissen erkannt, als es durch die unvollkommene Untersuchung mit den damaligen Mikroskopen überhaupt möglich war. Natürlich war die Vervollkommnung des Mikroskopes eine nothwendige Vorbedingung für genauere embryologische Untersuchungen, weil die Organisation der Wirbelthierembryonen in ihren ersten Entwickelungsstadien so zart und fein ist, dass man ohne ein gutes Mikroskop überhaupt nicht tiefer in dieselbe einzudringen im Stande ist. Diese wesentliche Verbesserung und allgemeinere Anwendung der Mikroskope erfolgte aber erst im Anfange unseres Jahrhunderts.

In der ganzen ersten Hälfte des achtzehnten Jahrhunderts, in welcher die systematische Naturgeschichte der Thiere und Pflanzen durch LINNÉ's hochberühmtes „*Systema naturae*" einen so gewaltigen Aufschwung erhielt, machte die Entwickelungsgeschichte so gut wie gar keine Fortschritte. Erst im Jahre 1759 trat in CASPAR FRIEDRICH WOLFF der Genius auf, der dieser Wissenschaft eine ganz neue Wendung geben sollte. Bis auf diesen Zeitpunkt beschäftigte sich die damalige Embryologie fast ausschliesslich nur mit unglücklichen Versuchen, aus dem bis dahin erworbenen dürftigen Beobachtungsmaterial verschiedene Entwickelungstheorien aufzustellen.

Die Theorie, welche damals zur Geltung kam und während des ganzen vorigen Jahrhunderts in fast allgemeiner Geltung blieb, heisst gewöhnlich die Theorie der Auswickelung oder Evolution, noch besser die Theorie der Vorbildung oder Praeformation[5]. Ihr wesentlicher Inhalt besteht in folgender Vorstellung: Bei der individuellen Entwickelung jedes Organismus, jedes Thieres und jeder Pflanze, und ebenso auch des Menschen, findet keinerlei wirkliche Neubildung statt; sondern bloss ein Wachsthum und eine Entfaltung von Theilen, die alle bereits seit Ewigkeit vorgebildet und fertig dagewesen sind, wenn auch nur sehr klein und in ganz zusammengefaltetem Zustande. Jeder organische Keim enthält also bereits alle Körpertheile und Organe in ihrer späteren Form und Lagerung und Verbindung praeformirt oder vorgebildet, und der ganze Entwickelungsgang des Individuums, der ganze ontogenetische Process ist nichts weiter als eine „Evolution" im strengsten Sinne des Wortes, d. h. eine Auswickelung eingewickelter praeformirter Theile. Also z. B. in jedem Hühnerei finden wir nicht etwa eine

einfache Zelle, die sich theilt, deren Zellen-Generationen die Keimblätter bilden und durch vielfache Veränderung, Sonderung und Neubildung endlich den Vogelkörper zu Stande bringen; sondern in jedem Hühnerei ist von Anfang an ein vollständiges Hühnchen mit allen seinen Theilen praeformirt und zusammengewickelt enthalten. Bei der Entwickelung des bebrüteten Hühnereies werden diese Theile bloss aus einander gelegt und wachsen.

Sobald diese Theorie consequent weiter ausgebildet wurde, musste sie nothwendig zur „Einschachtelungstheorie" führen, nach welcher von jeder Thierart und Pflanzenart ursprünglich nur ein Paar oder ein Individuum geschaffen worden ist, dieses eine Individuum aber bereits die Keime von sämmtlichen andern Individuen in sich enthielt, die von dieser Art jemals gelebt haben und später noch leben werden. Da zu jener Zeit das Alter der Erde, entsprechend der biblischen Schöpfungsgeschichte, allgemein auf fünf- bis sechstausend Jahre geschätzt wurde, glaubte man ungefähr berechnen zu können, wie viel Keime von jeder Organismenart während dieses Zeitraums gelebt und also bereits in dem ersten „geschaffenen" Individuum der Species eingeschachtelt existirt hatten. Auch auf den Menschen wurde diese Theorie mit logischer Consequenz ausgedehnt und demgemäss behauptet, dass unsere gemeinsame Stammmutter Eva in ihrem Eierstock bereits die Keime von sämmtlichen Menschenkindern in einander geschachtelt enthalten habe.

Zunächst bildete sich diese Einschachtelungstheorie in der Weise aus, dass man, wie gesagt, die weiblichen Individuen als die in einander geschachtelten Schöpfungswesen ansah und glaubte, von jeder Species sei ursprünglich ein Pärchen geschaffen worden, das weibliche Individuum habe aber bereits in seinem Eierstock die sämmtlichen Keime aller Individuen beiderlei Geschlechts in sich eingeschachtelt enthalten, die überhaupt von dieser Art sich entwickeln sollten. Ganz anders gestaltete sich aber die Praeformations-Theorie, als der holländische Mikroskopiker LEEUWENHOEK im Jahre 1690 die menschlichen Zoospermien oder Samenfäden entdeckte, und nachwies, dass in der schleimigen Flüssigkeit des Sperma oder des männlichen Samens eine grosse Masse von äusserst feinen, lebhaft beweglichen Fäden existiren (Fig. 11, S. 136). Diese überraschende Entdeckung wurde sofort dahin gedeutet, dass diese lebendigen, munter in der Samenflüssigkeit umherschwimmenden Körperchen wahre Thiere, und zwar die vorge-

bildeten Keime der künftigen Generation seien. Wenn bei der Befruchtung die beiderlei Zeugungsstoffe, männliche und weibliche, zusammenkommen, sollten diese fadenförmigen „Samenthierchen“ in den fruchtbaren Boden des Eikörpers eindringen und hier, wie das Samenkorn der Pflanzen im fruchtbaren Erdboden, zur Auswickelung gelangen. Jedes einzelne Samenthierchen des Menschen ist demnach bereits ein ganzer Mensch; alle einzelnen Körpertheile sind in demselben bereits vollständig vorgebildet, und erleiden nur eine einfache Auswickelung und Vergrösserung, sobald sie in den hierzu günstigen Boden des weiblichen Eies gelangen. Auch diese Theorie wurde consequent dahin ausgebildet, dass in jedem einzelnen fadenförmigen Körper die sämmtlichen folgenden Generationen seiner Nachkommen in äusserster Feinheit und winzigster Grösse sich eingeschachtelt befänden. Die Samendrüse oder der Hoden des Adam enthielt also bereits die Keime aller Menschenkinder, die unseren Erd-Planeten jemals bevölkert haben, gegenwärtig bewohnen und in aller Zukunft, „bis zum Ende der Welt“, beleben werden.

Natürlich musste diese „männliche Einschachtelungslehre“ sich der bisher gültigen weiblichen von Anfang an schroff gegenüberstellen. Das Gemeinsame beider bestand nur in der falschen Vorstellung, dass überhaupt vielfach in einander geschachtelte Keime von zahllosen Generationen fertig vorgebildet in jedem Organismus existirten; eine Vorstellung, die eigentlich auch der wunderlichen Prolepsis-Theorie von LINNÉ zu Grunde lag. Die beiden entgegengesetzten Einschachtelungs-Theorien begannen alsbald, sich lebhaft zu befehden; und es entstanden in der Physiologie des achtzehnten Jahrhunderts zwei grosse, scharf getrennte Heerlager, die sich auf das schroffste gegenüberstanden und heftig bekämpften: die Animalculisten und die Ovulisten. Der Streit zwischen diesen Parteien muss uns heutzutage sehr belustigend erscheinen, da die Theorie der einen eben so vollständig in der Luft schwebt, wie die der anderen. Wie ALFRED KIRCHHOFF in seiner vortrefflichen biographischen Skizze von WOLFF sagt, „liess sich dieser Streit eben so wenig entscheiden, wie die Frage, ob die Engel in dem östlichen oder westlichen Himmelsraume wohnen[9].“

Die Animalculisten oder die Sperma-Gläubigen hielten die beweglichen Samenfäden für die wahren Thierkeime und stützten sich dabei einerseits auf die lebhafte Bewegung, anderseits auf die

Form dieser Samenthierchen. Diese zeigen nämlich beim Menschen, wie bei der grossen Mehrzahl der übrigen Thiere, einen länglichrunden, eiförmigen oder birnförmigen Kopf, ein dünnes Mittelstück und einen äusserst dünnen, haarfein ausgezogenen und sehr langen Schwanz (Fig. 11). In Wahrheit ist das ganze Gebilde nur eine einfache Zelle und zwar eine Geisselzelle; der Kopf ist der Zellenkern, umgeben von etwas Zellstoff, der sich auch in das dünnere Mittelstück und den haarfeinen beweglichen Schwanz fortsetzt; letzterer ist der „Geissel" oder dem Flimmerfaden anderer Geisselzellen gleichbedeutend. Die Animalculisten aber hielten den Kopf für einen wahren Thierkopf und den übrigen Körper für einen ausgebildeten Thierkörper. Vorzüglich waren es LEEUWENHOEK, HARTSOEKER und SPALLANZANI, welche diese „Praedelineations-Theorie" vertheidigten.

Die entgegengesetzte Partei, die Ovulisten (Ovisten) oder Eigläubigen, die an der älteren Evolutions-Theorie festhielten, behaupteten dagegen, dass das Ei der wahre Thierkeim sei, und dass die Zoospermien bei der Befruchtung nur den Anstoss zur Auswickelung des Eies gäben, in welchem alle Generationen in einander eingeschachtelt zu finden wären. Diese Ansicht blieb während des ganzen vorigen Jahrhunderts bei der grossen Mehrzahl der Biologen in unbestrittener Geltung, trotzdem WOLFF schon 1759 das völlig Unbegründete derselben nachwies. Vorzüglich verdankte sie ihre Geltung dem Umstande, dass die berühmtesten Autoritäten der damaligen Biologie und Philosophie sich zu ihren Gunsten erklärten, unter ihnen namentlich HALLER, BONNET und LEIBNITZ.

ALBRECHT HALLER, Professor in Göttingen, der oft der Vater der Physiologie genannt wird, war ein sehr gelehrter und vielseitig gebildeter Mann, der aber in Bezug auf tiefere Auffassung der Naturerscheinungen keineswegs eine sehr hohe Stufe einnahm und sich am besten selbst in dem berühmten und viel citirten Ausspruche charakterisirt hat: „Ins Innere der Natur dringt kein erschaffener Geist — glückselig, wem sie nur die äussere Schale weist!" HALLER vertrat die Evolutions-Theorie in seinem berühmten Hauptwerke, den „*Elementa Physiologiae*" auf das entschiedenste mit den Worten: „Es giebt kein Werden! (*Nulla est epigenesis!*). Kein Theil im Thierkörper ist vor dem anderen gemacht worden, und alle sind zugleich erschaffen (*Nulla in corpore animali pars ante aliam facta est, et omnes simul creatae existunt*)." Er leugnete also eigentlich

jede wahre Entwickelung in natürlichem Sinne, und ging darin sogar so weit, dass er selbst beim neugeborenen Knaben die Existenz des Bartes, beim geweihlosen Hirschkalbe die Existenz des Geweihes behauptete; alle Theile sollten schon fertig da sein und nur dem menschlichen Auge vorläufig verborgen sein. HALLER berechnete sogar die Zahl der Menschen, welche Gott am sechsten Tage seines Schöpfungswerkes auf einmal geschaffen und im Eierstock der Mutter Eva eingeschachtelt hatte. Er taxirt sie auf 200,000 Millionen, indem er seit Erschaffung der Welt 6000 Jahre, das durchschnittliche Menschenalter auf 30 Jahre und die Zahl der gleichzeitig lebenden Menschen auf 1000 Millionen anschlägt. Und allen diesen Unsinn nebst den daraus gezogenen Consequenzen vertheidigt der berühmte HALLER auch dann noch mit bestem Erfolge, nachdem bereits der grosse WOLFF die wahre Epigenesis entdeckt und durch Beobachtung nachgewiesen hatte.

Unter den Philosophen war es vor Allen der hochberühmte LEIBNITZ, der die Evolutions-Theorie annahm und durch seine hohe Autorität, wie durch seine geistreiche Darstellung, ihr zahlreiche Anhänger zuführte. Gestützt auf seine Monadenlehre, wonach Seele und Leib sich in ewig unzertrennlicher Gemeinschaft befinden und in ihrer Zweieinigkeit das Individuum (die „Monade") bilden, wendete LEIBNITZ die Einschachtelungs-Theorie ganz folgerichtig auch auf die Seele an, und leugnete für diese eine wahre Entwickelung eben so wie für den Körper. In seiner Theodicee sagt er z. B.: „So sollte ich meinen, dass die Seelen, welche eines Tages menschliche Seelen sein werden, im Samen, wie jene von anderen Species, dagewesen sind, dass sie in den Voreltern bis auf Adam, also seit dem Anfang der Dinge, immer in der Form organisirter Körper existirt haben."

Die wichtigsten thatsächlichen Stützen schien die Einschachtelungs-Theorie durch die Beobachtungen eines ihrer eifrigsten Anhänger, BONNET zu erhalten. Dieser beobachtete zum ersten Male die sogenannte „Jungfernzeugung" oder Parthenogenesis bei den Blattläusen, eine interessante Art der Fortpflanzung, die neuerdings auch bei vielen anderen Gliederthieren, namentlich verschiedenen Krebsen und Insecten durch SIEBOLD und Andere nachgewiesen worden ist.[31]) Bei diesen und anderen niederen Thieren gewisser Gattungen kommt es nämlich vor, dass weibliche Individuen sich mehrere Generationen

hindurch fortpflanzen, ohne von einem Männchen befruchtet worden zu sein. Man nennt solche Eier, die zu ihrer Entwickelung der Befruchtung nicht bedürfen, „falsche Eier“, Pseudova oder Sporen. BONNET beobachtete nun zum ersten Male (1745), dass eine weibliche Blattlaus, welche er in klösterlicher Zucht vollständig abgeschlossen und vor jeder männlichen Gemeinschaft geschützt hatte, nach viermaliger Häutung am elften Tage eine lebendige Tochter, innerhalb der nächsten zwanzig Tage sogar noch 94 Töchter gebar, und dass diese alle, ohne jemals mit einem Männchen zusammen zu kommen, sich alsbald wieder auf dieselbe jungfräuliche Weise vermehrten. Da schien nun allerdings der handgreifliche Beweis für die Wahrheit der Einschachtelungs-Theorie, und zwar im Sinne der Ovulisten, vollständig geliefert zu sein, und es war nicht wunderbar, wenn dieselbe fast allgemein anerkannt wurde.

So stand die Sache, als plötzlich im Jahre 1759 der jugendliche CASPAR FRIEDRICH WOLFF auftrat und mit seiner neuen Epigenesis-Theorie der gesammten Präformations-Theorie den Todesstoss gab. WOLFF war 1733 zu Berlin geboren, der Sohn eines Schneiders, und machte seine naturwissenschaftlichen und medicinischen Studien zunächst in Berlin am Collegium medico-chirurgicum unter dem berühmten Anatomen MECKEL, später in Halle. Hier bestand er im 26. Lebensjahre seine Doctorprüfung, und vertheidigte am 28. November 1759 in seiner Doctordissertation die neue Lehre von der wahren Entwickelung, die „Theoria generationis“ auf Grund der Epigenesis. Diese Dissertation gehört zu den bedeutendsten Schriften, welche überhaupt jemals geschrieben worden sind. Sie ist ebenso ausgezeichnet durch die Fülle der neuen und sorgfältigsten Beobachtungen, wie durch die weit reichenden und höchst fruchtbaren Ideen, welche überall an die Beobachtungen geknüpft und zu einer lichtvollen und durchaus naturwahren Theorie der Entwickelung verknüpft sind. Trotzdem hatte diese merkwürdige Schrift zunächst gar keinen Erfolg. Obgleich die naturwissenschaftlichen Studien in Folge der von LINNÉ gegebenen Anregung zu jener Zeit mächtig emporblühten, obgleich Botaniker und Zoologen bald nicht mehr nach Dutzenden, sondern nach Hunderten zählten, bekümmerte sich doch fast Niemand um WOLFF's Theorie der Generation. Die Wenigen aber, die sie gelesen hatten, hielten sie für grundfalsch, so besonders HALLER. Obgleich WOLFF durch die exactesten

Beobachtungen die Wahrheit der Epigenesis bewies und die in der Luft schwebenden Hypothesen der Praeformations-Theorie widerlegte. blieb dennoch der „exacte“ Physiolog HALLER der eifrigste Anhänger der letzteren und verwarf die richtige Lehre von WOLFF mit seinem dictatorischen Machtspruche: *Nulla est epigenesis!* Kein Wunder, wenn die ganze Gesellschaft der physiologischen Gelehrten in der zweiten Hälfte des achtzehnten Jahrhunderts sich dem Machtspruche dieses physiologischen Pabstes unterwarf und die Epigenesis als gefährliche Neuerung bekämpfte. Mehr als ein halbes Jahrhundert musste vergehen, bis WOLFF's Arbeiten die verdiente Anerkennung fanden. Erst nachdem MECKEL im Jahre 1812 eine andere höchst bedeutende Schrift WOLFF's: „über die Bildung des Darmkanals“ (aus dem Jahre 1764) in's Deutsche übersetzt und auf die ausserordentliche Bedeutung derselben aufmerksam gemacht hatte, fing man an, sich wieder mit diesem bereits verschollenen Schriftsteller zu beschäftigen, der unter allen Naturforschern des vorigen Jahrhunderts am tiefsten in das Verständniss des lebendigen Organismus eingedrungen war.

So unterlag denn damals, wie es so oft in der Geschichte der menschlichen Erkenntniss zu geschehen pflegt, die emporstrebende neue Wahrheit dem übermächtigen Irrthum, der durch die Macht der Autorität getragen wurde. Die sonnenklare Erkenntniss der Epigenesis vermochte den dichten Nebel des Praeformationsdogma nicht zu durchdringen und ihr genialer Entdecker wurde im Kampf um die Wahrheit von der Uebermacht der Feinde besiegt. Jeder weitere Fortschritt in der Entwickelungsgeschichte war damit vorläufig gehemmt. Das bleibt um so mehr zu bedauern, als WOLFF bei seiner ungünstigen äusseren Stellung dadurch schliesslich gezwungen wurde, sein deutsches Vaterland zu verlassen. Von vornherein mittellos, hatte er nur unter grossen äusseren Bedrängnissen seine classische Arbeit vollenden können und war dann genöthigt, sich als practischer Arzt sein Brod zu verdienen. Während des siebenjährigen Krieges war er in den Lazarethen in Schlesien thätig, hielt in dem Breslauer Feldlazareth ausgezeichnete Vorlesungen über Anatomie, und erregte dadurch die Aufmerksamkeit des hochgestellten Directors des Lazarethwesens, COTHENIUS. Nach abgeschlossenem Frieden versuchte dieser hohe Gönner, WOLFF in Berlin eine Lehrstelle zu verschaffen. Indessen scheiterte dies an der Engherzigkeit der Professoren des Berliner Collegium medico-chirurgicum, welche jedem

Fortschritt auf wissenchaftlichem Gebiet abgeneigt waren. Die Theorie der Epigenesis wurde von diesem hochgelehrten Collegium als die gefährlichste Ketzerei verfolgt (ähnlich wie gegenwärtig die Descendenz-Theorie). Obgleich COTHENIUS und andere Berliner Gönner sich warm für WOLFF verwendeten, so war es doch nicht möglich, ihm auch nur die Erlaubniss zu verschaffen, öffentliche Vorlesungen über Physiologie in Berlin zu halten. Die Folge davon war, dass WOLFF sich gezwungen sah, einem ehrenvollen Rufe zu folgen, welchen die Kaiserin Katharina von Russland 1766 an ihn richtete. Er ging nach Petersburg, wo er 27 Jahre hindurch still und ungestört seinen tiefen Forschungen lebte und die Schriften der Petersburger Akademie mit seinen glänzenden Gaben bereicherte. Er starb daselbst 1794 [9]).

Der Fortschritt, den WOLFF in der gesammten Biologie herbeiführte, war so gross, dass ihn die Naturforscher der damaligen Zeit nicht fassen konnten. Die Masse von neuen wichtigen Beobachtungen und von fruchtbaren grossen Ideen, welche in seinen Schriften angehäuft sind, ist so gewaltig, dass wir erst allmählich im Laufe unseres Jahrhunderts gelernt haben, ihren vollen Werth zu würdigen und ihre Bedeutung richtig zu verstehen. Nach den verschiedensten Richtungen der biologischen Erkenntniss hat WOLFF die richtige Bahn gebrochen. Erstens und vor Allem hat er durch die Theorie der Epigenesis überhaupt zum ersten Male dass Verständniss vom wahren Wesen der organischen Entwickelung geöffnet. Er wies überzeugend nach, dass die Entwickelung jedes Organismus aus einer Kette von Neubildungen besteht, und dass weder im Ei noch im männlichen Samen eine Spur von der Form des ausgebildeten Organismus existirt. Vielmehr sind dies einfache Körper, welche eine ganz andere Bedeutung haben. Der Keim oder Embryo, welcher sich daraus entwickelt, zeigt in den verschiedenen Abschnitten seiner Entwickelung eine innere Zusammensetzung und äussere Configuration, welche völlig von derjenigen des ausgebildeten Organismus verschieden ist. Nirgends haben wir es da mit vorgebildeten oder praeformirten Theilen zu thun, nirgends mit Einschachtelung. Wir können heutzutage diese Theorie der Epigenesis kaum mehr Theorie nennen, weil wir uns von der Richtigkeit der Thatsache völlig überzeugt haben und dieselbe jeden Augenblick unter dem Mikroskop demonstriren können. Auch ist in den letzten Jahrzehnten kein Zweifel an der Wahrheit der Epigenesis wieder laut geworden.

Zuerst wies WOLFF seine Theorie an dem Darmcanal nach, an dem Ernährungsrohr, welches den Körper durchzieht, und an welchem die Lungen, Leber, Speicheldrüsen und zahlreiche kleinere Drüsen anhängen. Er zeigte, dass beim Hühner-Embryo in der ersten Zeit der Bebrütung von diesem zusammengesetzten Rohre mit allen seinen mannigfaltigen Theilen noch gar keine Spur vorhanden sei, sondern statt dessen ein flacher blattförmiger Körper; und dass überhaupt der ganze Embryo-Körper in frühester Zeit die Gestalt eines flachen länglichrunden Blattes besitze. Wenn man bedenkt, wie schwierig damals, mit den schlechten Mikroskopen des vorigen Jahrhunderts, eine genauere Untersuchung von so ausserordentlich feinen und zarten Verhältnissen, wie der ersten blattförmigen Anlage des Vogelkörpers, war, so muss man die seltene Beobachtungsgabe WOLFF's bewundern, der gerade in diesem dunkelsten Theile der Embryologie schon die wichtigsten Erkenntnisse thatsächlich feststellte. Er gelangte gerade durch diese sehr schwierige Untersuchung zu der richtigen Anschauung, dass bei allen höheren Thieren, wie bei den Vögeln, der ganze Embryokörper eine Zeit lang eine flache, dünne, blattförmige Scheibe darstelle, welche anfangs einfach, dann aber aus mehreren Schichten zusammengesetzt erscheine. Die tiefste von diesen Schichten oder Blättern ist der Darmcanal, dessen Entwickelung WOLFF von Anfang an bis zu seiner Vollendung vollständig verfolgte. Er wies nach, wie die blattförmige Anlage desselben zuerst zu einer Rinne wird, wie die Ränder dieser Rinne sich gegen einander krümmen und zu einem geschlossenen Canale verwachsen, und wie endlich zuletzt an diesem Rohre die beiden äusseren Mündungen (Mund und After) entstehen. In ganz ähnlicher Weise entstehen auch die übrigen Organ-Systeme des Körpers aus blattförmigen Anlagen, die sich zu Röhren gestalten. „Mehrere Male hinter einander und zu verschiedenen Zeiten werden verschiedene Systeme nach einem und demselben (blattförmigen) Typus gebildet." So entwickelt sich 1) das Nervensystem, 2) das Muskelsystem, 3) das Gefässsystem und 4) der Darmcanal, „als ein vollendetes, in sich geschlossenes Ganzes, den drei ersten ähnlich" [40]. Mit dieser höchst wichtigen Entdeckung legte WOLFF bereits den ersten Grund zu der fundamentalen „Keimblätter-Theorie", die BAER erst viel später (1828) vollständig entwickelte. Wörtlich sind allerdings WOLFF's Sätze nicht richtig; allein er näherte sich mit

denselben der Wahrheit schon so weit, als es überhaupt damals möglich war und von ihm erwartet werden konnte. Sie werden sehen, wie nahe WOLFF damit dem wahren Sachverhältniss kam. (S. 165).

Von grosser Bedeutung war es, dass WOLFF ein eben so ausgezeichneter Botaniker als Zoologe war. Er untersuchte gleichzeitig auch die Entwickelungsgeschichte der Pflanzen, und begründete zuerst im Gebiete der Botanik diejenige Lehre, welche später GOETHE in seiner geistreichen Schrift von der Metamorphose der Pflanzen ausführte. WOLFF hat zuerst nachgewiesen, dass sich alle verschiedene Theile der Pflanzen auf das Blatt als gemeinsame Grundlage oder als „Fundamentalorgan" zurückführen lassen. Die Blüthe und die Frucht mit allen ihren Theilen bestehen nur aus umgewandelten Blättern. Diese Erkenntniss musste WOLFF um so mehr überraschen, als er auch bei den Thieren, ebenso wie bei den Pflanzen, eine einfache blattförmige Anlage als die erste Form des embryonalen Körpers entdeckte.

So finden wir demnach bei WOLFF bereits die deutlichen Keime derjenigen Theorien, welche erst viel später andere geniale Naturforscher zur Grundlage des morphologischen Verständnisses vom Thier- und Pflanzenkörper erheben sollten. Noch höher wird aber unsere Bewunderung für diesen erhabenen Genius steigen, wenn wir in ihm sogar dem ersten Vorläufer der berühmten Zellentheorie begegnen. In der That hat WOLFF bereits, wie HUXLEY zuerst zeigte, eine deutliche Ahnung von dieser fundamentalen Theorie gehabt, indem er kleine mikroskopische Bläschen als die eigentlichen Elementartheile ansah, aus denen sich die Keimblätter aufbauten.

Endlich ist noch besonders auf den monistischen Charakter der tiefen philosophischen Reflexionen aufmerksam zu machen, welche WOLFF überall an seine bewunderungswürdigen Beobachtungen knüpfte. WOLFF war ein grosser monistischer Naturphilosoph im besten und reinsten Sinne des Wortes. Freilich wurden seine philosophischen Untersuchungen ebenso wie seine empirischen über ein halbes Jahrhundert hindurch ignorirt, und haben auch jetzt noch nicht die verdiente Anerkennung gefunden. Um so mehr wollen wir hervorheben, dass sich dieselben streng in jener Bahn der Philosophie bewegten, welche wir die monistische nennen und als die allein berechtigte anerkennen[9].

Dritter Vortrag.

Die neuere Keimesgeschichte.

Karl Ernst Baer.

„Die Entwickelungsgeschichte ist der wahre Lichtträger für Untersuchungen über organische Körper. Bei jedem Schritte findet sie ihre Anwendung, und alle Vorstellungen, welche wir von den gegenseitigen Verhältnissen der organischen Körper haben, werden den Einfluss unserer Kenntniss der Entwickelungsgeschichte erfahren. Es wäre eine fast endlose Arbeit, den Beweis für alle Zweige der Forschung führen zu wollen.“

KARL ERNST BAER (1828).

Inhalt des dritten Vortrages.

Karl Ernst Baer als der bedeutendste Nachfolger Wolff's. Die Würzburger Embryologenschule: Döllinger, Pander, Baer. Pander's Keimblättertheorie. Vollständige Ausbildung derselben durch Baer. Der scheibenförmige Keim zerfällt zunächst in zwei Keimblätter, welche beide sich wieder in je zwei Schichten spalten. Aus dem äusseren oder animalen Keimblatt entsteht die Hautschicht und die Fleischschicht. Aus dem inneren oder vegetativen Keimblatt entsteht die Gefässschicht und die Schleimschicht. Die Bedeutung der Keimblätter. Die Umwandlung derselben in Röhren. Baer's Entdeckung des menschlichen Eies, der Keimblase und des Axenstabes. Die vier Typen der Entwickelung in den vier Hauptgruppen des Thierreichs. Das Baer'sche Gesetz vom Typus der Entwickelung und vom Grade der Ausbildung. Erklärung dieses Gesetzes durch die Selectionstheorie. Baer's Nachfolger: Rathke, Johannes Müller, Bischoff, Kölliker. Die Zellentheorie: Schleiden, Schwann. Anwendung derselben auf die Ontogenie: Robert Remak. Rückschritte der Ontogenie: Reichert und His. Erweiterung des Gebiets der Ontogenie durch Darwin.

III.

Meine Herren!

Wenn wir in unserer historischen Uebersicht über den Entwickelungsgang der menschlichen Ontogenie verschiedene Hauptabschnitte unterscheiden wollen, so können wir deren füglich drei nennen. Der erste Abschnitt hat uns in der vorigen Stunde beschäftigt und umfasst die gesammte Vorbereitungsperiode der embryologischen Untersuchungen: er reicht von ARISTOTELES bis auf CASPAR FRIEDRICH WOLFF, bis zum Jahre 1759, in dem die grundlegende *Theoria generationis* erschien. Der zweite Abschnitt, mit dem wir uns heute beschäftigen wollen, dauert genau ein Jahrhundert, nämlich bis zum Erscheinen des DARWIN'schen Werkes über den Ursprung der Arten, welches 1859 die gesammte Biologie und vor allem die Ontogenie in ihren Fundamenten umgestaltete. Die dritte Periode würde von DARWIN erst ihren Ausgang nehmen. Wenn wir der zweiten Periode demnach gerade die Dauer eines Jahrhunderts zuschreiben, so ist das insofern nicht ganz richtig, als das WOLFF'sche Werk ein halbes Jahrhundert hindurch, bis zum Jahre 1812, völlig unbeachtet blieb. Während dieser ganzen Zeit, während 53 Jahren, erschien auch nicht ein einziges Buch, welches auf WOLFF und dessen Forschungen eingegangen wäre und welches seine Entwickelungstheorie weiter fortgeführt hätte. Nur gelegentlich wurden die vollkommen richtigen und unmittelbar auf Beobachtung der Thatsachen gegründeten Anschauungen WOLFF's erwähnt, aber als irrthümlich verworfen; die Gegner desselben, die Anhänger der damals herrschenden, falschen Praeformationstheorie, würdigten ihn nicht einmal einer Widerlegung. Es ist dies, wie schon angeführt, der ausserordentlichen Autorität zu verdanken, welche WOLFF's berühmter Gegner, ALBRECHT HALLER, besass, eins der erstaunlichsten Beispiele für den Einfluss, welchen eine mächtige Autorität als solche gegenüber der

klaren Erkenntniss der Thatsachen auf lange Zeit hin auszuüben vermag. Die allgemeine Unbekanntschaft mit WOLFF's Werken ging so weit, dass sogar im Anfange unseres Jahrhunderts zwei Naturphilosophen, OKEN (1806) und KIESER (1810), selbstständige Untersuchungen über die Entwickelung des Darms bei Hühnchen anstellen und auf die richtige Spur der Ontogenie kommen konnten, ohne von der wichtigen Arbeit WOLFF's über denselben Gegenstand etwas zu wissen: sie traten in seine Fusstapfen, ohne es zu ahnen. Das lässt sich leicht durch die Thatsache beweisen, dass sie nicht so weit kamen, wie WOLFF selbst. Erst als im Jahre 1812 MECKEL das Buch WOLFF's über die Entwickelung des Darmcanals in's Deutsche übersetzte und auf die hohe Bedeutung desselben hinwies, wurden plötzlich dem anatomischen und physiologischen Publicum die Augen geöffnet. Bald darauf sehen wir eine ganze Anzahl von Biologen damit beschäftigt, von neuem embryologische Untersuchungen anzustellen und WOLFF's Theorie Schritt für Schritt zu verfolgen und zu bestätigen.

Die Universität Würzburg war der Ort, von welchem diese Neubelebung der Ontogenie und die erste Bestätigung und weitere Fortbildung der allein richtigen Epigenesis-Theorie ausging. Dort lehrte damals ein ausgezeichneter Biologe, DÖLLINGER, der Vater des berühmten Münchener Theologen, der in unseren Tagen durch seine Opposition gegen die Unfehlbarkeit den Jesuiten und dem heiligen Kirchenvater in Rom das Leben so schwer gemacht hat. DÖLLINGER war ein eben so denkender Naturphilosoph, als genau beobachtender Biolog: er hegte für die Entwickelungsgeschichte das grösste Interesse und beschäftigte sich viel mit derselben. Doch konnte er selbst keine grössere Arbeit auf diesem Gebiete zu Stande bringen, da ihm dazu die äusseren Mittel fehlten. Da kam im Jahre 1816 ein junger, eben promovirter Doctor der Medicin nach Würzburg, den wir gleich als den bedeutendsten Nachfolger WOLFF's kennen lernen werden, KARL ERNST BAER. Die Gespräche, welche dieser mit DÖLLINGER über Entwickelungsgeschichte führte, wurden die Veranlassung zu einer Neubelebung der Untersuchungen. Der letztere sprach nämlich den Wunsch aus, dass unter seiner Leitung ein junger Naturforscher von neuem selbstständige Beobachtungen über die Entwickelung des Hühnchens während der Bebrütung des Eies in Angriff nehmen möge. Da weder er selbst noch BAER über die ziem-

lich bedeutenden Geldmittel verfügte, welche damals eine Brütmaschine und die Verfolgung des bebrüteten Eies, sowie die für unerlässlich gehaltene genaue Abbildung der beobachteten Entwickelungsstadien durch einen geübten Künstler erforderten, so wurde die Ausführung der Untersuchung CHRISTIAN PANDER übertragen, einem begüterten Jugendfreunde BAER's, welchen dieser bewogen hatte, nach Würzburg zu kommen. Für die Anfertigung der nöthigen Kupfertafeln wurde ein geschickter Künstler, DALTON, engagirt.

Da bildete sich, wie BAER sagt, „jene für die Naturwissenschaft ewig denkwürdige Verbindung, in welcher ein in physiologischen Forschungen ergrauter Veteran (DÖLLINGER), ein von Eifer für die Wissenschaft glühender Jüngling (PANDER) und ein unvergleichlicher Künstler (DALTON) sich verbanden, um durch vereinte Kräfte eine feste Grundlage für die Entwickelungsgeschichte des thierischen Organismus zu gewinnen." In kurzer Zeit wurde die Entwickelungsgeschichte des Hühnchens, an welcher BAER zwar nicht unmittelbar, aber doch mittelbar den lebhaftesten Antheil nahm, so weit gefördert, dass PANDER bereits in seiner 1817 erschienenen Doctordissertation[10]) zum ersten Male die vollständigen Grundzüge der Entwickelungsgeschichte des Hühnchens auf dem Fundamente von WOLFF's Theorie entwerfen und die von Letzterem vorbereitete K e i m b l ä t t e r - T h e o r i e klar aussprechen, die von ihm geahnte Entwickelung der zusammengesetzten Organsysteme aus einfachen blattförmigen Primitivorganen durch die Beobachtung nachweisen konnte. Nach PANDER zerfällt die blattförmige Keimanlage des Hühnereies schon vor der zwölften Stunde der Bebrütung in zwei verschiedene Schichten, ein äusseres s e r ö s e s B l a t t und ein inneres m u k ö s e s B l a t t (oder Schleimblatt); zwischen beiden entwickelt sich später eine dritte Schicht, das G e f ä s s b l a t t.

KARL ERNST BAER, welcher zu PANDER's Untersuchungen wesentlich mit Veranlassung gegeben und nach seinem Weggange von Würzburg das lebhafteste Interesse dafür bewahrt hatte, begann seine eigenen, viel umfassenderen Forschungen 1819, und veröffentlichte als reife Frucht derselben nach neun Jahren ein Werk über „Entwickelungsgeschichte der Thiere", welches noch heute allgemein und mit vollem Recht für die bedeutendste und werthvollste von sämmtlichen embryologischen Schriften gilt. Dieses Buch, ein wahres Muster von sorgfältiger empirischer Beobachtung, verbunden mit geistvoller philosophischer Speculation, erschien in zwei Theilen, der erste

im Jahre 1828, der zweite neun Jahre später, im Jahre 1837[11]. BAER's Werk ist das sichere Fundament, auf welchem die ganze individuelle Entwickelungsgeschichte bis auf den heutigen Tag ruht, und überflügelt seine Vorgänger, namentlich auch PANDER's Entwurf, soweit, dass es nächst den WOLFF'schen Arbeiten als die wichtigste Basis der neueren Ontogenie zu betrachten ist. Da nun BAER, der noch heute hochbetagt in Dorpat lebt, zu den grössten Naturforschern unseres Jahrhunderts zählt und auch auf andere Zweige der Biologie einen höchst fördernden Einfluss ausgeübt hat, so dürfte es von Interesse sein, über die äusseren Lebensschicksale dieses ausserordentlichen Mannes Einiges hier einzufügen.

KARL ERNST BAER ist 1792 in Esthland auf dem kleinen Gute Piep geboren, welches sein Vater besass; er machte seine Studien von 1810 bis 1814 in Dorpat und ging dann nach Würzburg, wo DÖLLINGER ihn nicht allein in die vergleichende Anatomie und Ontogenie einführte, sondern auch namentlich durch seine naturphilosophische Richtung höchst befruchtend und Ideen erweckend auf ihn wirkte. Von Würzburg ging BAER nach Berlin, und dann, einer Aufforderung des Physiologen BURDACH folgend, nach Königsberg, wo er mit einigen Unterbrechungen bis 1834 Vorlesungen über Zoologie und Entwickelungsgeschichte hielt und seine wichtigsten Arbeiten vollendete. Im Jahre 1834 ging er nach Petersburg als Mitglied der dortigen Akademie, verliess aber hier fast gänzlich sein früheres Arbeitsfeld und beschäftigte sich mit verschiedenen, von diesem weit abliegenden naturwissenschaftlichen Forschungen, namentlich mit geographischen, geologischen, ethnographischen und anthropologischen Untersuchungen. Bei weitem seine bedeutendsten Arbeiten sind diejenigen über die Entwickelungsgeschichte der Thiere: sie wurden fast alle in Königsberg gefertigt, wenn auch theilweise erst später veröffentlicht. Die Verdienste derselben sind, ebenso wie die der WOLFF'schen Schriften, sehr vielseitig und erstrecken sich über das ganze Gebiet der Ontogenie nach den verschiedensten Richtungen hin.

Zunächst bildete BAER die fundamentale Keimblätter-Theorie im Ganzen wie im Einzelnen so klar und vollständig durch, dass seine Auffassung derselben noch heute das sicherste Fundament unserer ontogenetischen Erkenntniss bildet. Er zeigte, dass beim Menschen und den übrigen Säugethieren ganz ebenso wie beim Hühnchen, kurz bei allen Wirbelthieren überhaupt, immer in derselben

Weise zuerst zwei, und darauf vier Keimblätter sich bilden; und dass durch deren Umwandlung in Röhren die ersten Fundamental-Organe des Körpers entstehen. Nach Baer ist die erste Anlage des Wirbelthierkörpers eine länglich runde Scheibe, die sich zunächst in zwei Blätter oder Schichten spaltet. Aus der oberen Schicht oder dem animalen Blatte entwickeln sich alle Organe, welche die Erscheinungen des animalen Lebens bewirken: die Functionen der Empfindung, der Bewegung, der Deckung des Körpers. Aus der unteren Schicht oder dem vegetativen Blatte gehen alle die Organe hervor, welche die Vegetation des Körpers vermitteln, die Lebenserscheinungen der Ernährung, der Blutbildung, der Absonderung. der Fortpflanzung u. s. w.

Jedes dieser beiden ursprünglichen Keimblätter spaltet sich wieder in zwei dünnere, über einander liegende Blätter oder Lamellen. Erstens spaltet sich das animale Blatt in zwei Schichten, die Baer Hautschicht und Fleischschicht nennt. Aus der oberflächlichsten diesen beiden Lamellen, aus der Hautschicht, bildet sich die äussere Haut, die Bedeckung des Körpers, und das Central-Nervensystem, das Rückenmarks-Rohr, Gehirn und Sinnesorgane. Aus der darunter gelegenen Fleischschicht entwickeln sich die Muskeln oder Fleischtheile und das innere Knochengerüst, kurz die Bewegungsorgane des Körpers. In ganz ähnlicher Weise zerfällt nun zweitens auch das untere oder vegetative Keimblatt in zwei Lamellen. die Baer als Gefässschicht und Schleimschicht bezeichnet. Aus der äusseren von beiden, aus der Gefässschicht, entstehen das Herz und die Blutgefässe, die Milz und die übrigen sogenannten Blutgefässdrüsen. die Nieren und Geschlechtsdrüsen. Aus der tiefsten. vierten Schicht endlich. aus der Schleimschicht, entwickelt sich die innere ernährende Haut des Darmcanals und aller seiner Anhänge. Leber, Lunge, Speicheldrüsen u. s. w. Eben so glücklich. wie Baer die Bedeutung dieser vier secundären Keimblätter und ihre paarweise Entstehung durch Spaltung aus den beiden primären Keimblättern erkannte. ebenso scharfsinnig verfolgte er auch deren Umbildung in die röhrenförmigen Fundamentalorgane. Er löste zuerst das schwierige Problem. wie sich aus dieser vierfach geschichteten, flachen, blattförmigen Keimesanlage der ganz anders gestaltete Körper des Wirbelthieres entwickelt. und zwar dadurch. dass diese Blätter zu Röhren werden.

Hier scheint es angemessen, ein paar Worte über den einfachen, aber sehr wichtigen Vorgang einzuschalten, durch welchen bei der individuellen Entwickelung des Wirbelthierleibes aus der einfachen blattförmigen Anlage die zusammengesetzte Röhrenform entsteht. So verwickelt und schwierig die individuellen Entwickelungsvorgänge auch im Einzelnen darzustellen und zu begreifen sind, so einfach sind die fundamentalen Processe, auf denen sie beruhen. Es findet nämlich immer erstens die Bildung von Blättern oder Schichten statt, welche anfänglich gleichartig sind und keine verschiedenen Theile enthalten; und dann zweitens die Entstehung von Röhren aus diesen Blättern. Eine Röhre kann nun aus einem Blatte überhaupt nur auf zweierlei Weise entstehen. Entweder verdickt sich nämlich das dünne Blatt und höhlt sich dann von innen her zu einer Röhre aus; oder das Blatt krümmt sich, seine Ränder nähern sich gegenseitig, wachsen allmählich aneinander und verwachsen endlich in einer Linie oder Naht. Dieser letztere einfache Vorgang, die Krümmung eines Blattes und das Verwachsen seiner beiden Ränder in einer Naht, ist der wichtige Process, durch welchen bei der Entwickelung des Thierkörpers aus den Keimblättern die Röhren oder „Fundamentalorgane" entstehen. Die wichtigsten Theile des Thierkörpers sind von Anfang an als ganz einfache, länglich runde Blätter angelegt und gestalten sich dann zu ganz einfachen Röhren. So ist das Organ des Seelenlebens beim Wirbelthiere, das Rückenmark mit dem Gehirn, anfangs nur ein einfaches Blatt und dann ein Rohr, aus dem sich die verschiedenen complicirten Theile durch Sonderung erst später entwickeln. Ebenso ist das Herz mit seinen verschiedenen Abtheilungen und Kammern anfangs ein einfaches Rohr, ebenso die äussere Körperwand; ebenso der Darmcanal mit seinen drüsigen Anhängen. Gerade die Erkenntniss dieser letzten, höchst wichtigen Röhrenbildung war, wie Sie sich erinnern, Wolff bereits vollständig gelungen, und wurde auch von seinen Nachfolgern zuerst wieder aufgegriffen. Aber Baer war der erste, welcher diese Theorie, die Lehre von der Umbildung der Keimblätter in Röhren, für alle Organsysteme des Wirbelthieres mittelst der ausgedehntesten und der genauesten Beobachtungen feststellte und für die Dauer begründete. Diese Keimblätter-Theorie ist die wichtigste Erkenntniss, welche die Epigenesis-Theorie bezüglich der ersten Anfänge der thierischen Ontogenie gewonnen hat. Sie ist aber jetzt eigentlich kaum mehr Theorie zu nennen, da wir gegen-

wärtig jeden Augenblick im Stande sind, die thatsächliche Entstehung des complicirten thierischen Organismus aus Röhren und dieser Röhren aus den Keimblättern zu demonstriren. Trotzdem stiess die Anerkennung dieser thatsächlichen Erkenntniss auf grosse Schwierigkeiten, und wurde später noch mehrfach, namentlich von REICHERT, als Irrlehre zu bekämpfen gesucht.

Unter den zahlreichen und grossen einzelnen Verdiensten, welche sich BAER um die Ontogenie, besonders der Wirbelthiere, erwarb, ist hier zunächst die Entdeckung des menschlichen Eies hervorzuheben. Obgleich die meisten früheren Naturforscher angenommen hatten, dass sich der Mensch gleich den übrigen Thieren aus einem Ei entwickle, und obgleich die Evolutionstheorie glaubte, dass alle vergangenen, gegenwärtigen und zukünftigen Generationen des Menschengeschlechts in den Eiern der Mutter Eva eingeschachtelt vorhanden gewesen seien, so kannte man doch das Ei des Menschen und der übrigen Säugethiere thatsächlich nicht. Dieses Ei ist nämlich ausserordentlich klein, ein kugeliges Bläschen von nur $^1/_{10}$ Linie Durchmesser, welches man unter günstigen Umständen wohl mit blossen Augen sehen, unter ungünstigen aber nicht erkennen kann. Dieses Bläschen entwickelt sich im Eierstock des Weibes in eigenthümlichen, viel grösseren, kugelichen Bläschen, die man nach ihrem Entdecker GRAAF die Graaf'chen Follikel nannte und früher allgemein für die wirklichen Eier hielt. Erst im Jahre 1827, also vor noch nicht fünfzig Jahren, wies BAER nach, dass diese Graaf'schen Follikel nicht die wahren Eier des Menschen, sondern dass die letzteren viel kleiner und in den ersteren verborgen seien. (Fig. 210.)

BAER war ferner der Erste, der die sogenannte Keimblase der Säugethiere beobachtete, d. h. die kugelige Blase, die zunächst aus dem befruchteten Eie sich entwickelt, und deren dünne Wand aus einer einzigen Schicht von regelmässigen vieleckigen Zellen zusammengesetzt ist (vgl. den achten Vortrag, S. 147, Fig. 19). Eine andere Entdeckung BAER's, welche grosse Bedeutung für die typische Auffassung des Wirbelthier-Stammes und der charakteristischen Organisation dieser auch den Menschen umfassenden Thiergruppe erlangte, war der Nachweis des Axenstabes oder der *Chorda dorsalis*. Das ist ein langer, dünner, cylindrischer Knorpelstab, welcher der Länge nach durch den ganzen Körper des Embryo bei allen Wirbelthieren hindurchgeht, sehr frühzeitig sich entwickelt und die erste An-

lage des Rückgrats, des festen Axenskeletes der Wirbelthiere darstellt. Bei dem niedersten aller Wirbelthiere, dem merkwürdigen Lanzetthierchen (*Amphioxus*), bleibt sogar zeitlebens das ganze innere Skelet auf diese Chorda beschränkt. Aber auch beim Menschen und bei allen höheren Wirbelthieren entwickelt sich rings um diese Chorda erst nachträglich das Rückgrat und später der Schädel.

So wichtig nun auch diese und viele andere Entdeckungen Baer's für die Ontogenie der Wirbelthiere waren, so wurde doch der Einfluss seiner Untersuchungen dadurch noch viel bedeutender, dass er zum ersten Male die Entwickelungsgeschichte des Thierkörpers vergleichend in Angriff nahm. Allerdings waren es zunächst die Wirbelthiere (namentlich die Vögel und Fische), deren Ontogenese Baer vorzugsweise verfolgte. Aber er beschränkte sich keineswegs auf diese allein, sondern zog auch die verschiedenen wirbellosen Thiere in den Kreis seiner Untersuchungen. Das allgemeinste Resultat dieser vergleichend-embryologischen Untersuchungen bestand darin, dass Baer vier völlig verschiedene Entwickelungsweisen für die vier verschiedenen grossen Hauptgruppen des Thierreiches annahm. Diese vier Hauptgruppen oder Typen, die man damals in Folge der vergleichend-anatomischen Untersuchungen von George Cuvier zu unterscheiden begonnen hatte, sind: 1) die Wirbelthiere (*Vertebrata*); 2) die Gliederthiere (*Articulata*); 3) die Weichthiere (*Mollusca*) und 4) die niederen Thiere, welche damals alle irrthümlich als sogenannte Strahlthiere (*Radiata*) zusammengefasst wurden. Cuvier hatte im Jahre 1816 zum ersten Male gezeigt, dass diese vier Hauptgruppen des Thierreichs im ganzen inneren Bau, in der Zusammensetzung und Lagerung der Organsysteme, sehr wesentliche und typische Unterschiede zeigten; dass hingegen alle Thiere eines und desselben Typus, z. B. alle Wirbelthiere trotz der grössten äusseren Verschiedenheit doch im inneren Bau wesentlich übereinstimmen. Baer aber führte, unabhängig davon und fast gleichzeitig, den Nachweis, dass sich diese vier Hauptgruppen in völlig verschiedener Weise aus dem Ei entwickeln, und dass die Reihenfolge der embryonalen Entwickelungsformen bei allen Thieren eines Typus von Anfang an dieselbe, hingegen bei den verschiedenen Typen verschieden sei. Während man bis auf jene Zeit bei der Classifikation des Thierreiches stets bestrebt gewesen war, alle Thiere von den niedersten bis zu den höchsten, vom Infusorium bis zum

Menschen, in eine einzige zusammenhängende Formenkette zu ordnen, und während man allgemein dem falschen Satze huldigte, dass vom niedersten Thiere bis zum höchsten nur eine einzige ununterbrochene Stufenleiter der Entwickelung vorhanden sei, führten Cuvier und Baer den Nachweis, dass diese Anschauung grundfalsch sei, und dass vielmehr vier gänzlich verschiedene Typen der Thiere sowohl hinsichtlich des anatomischen Baues, wie der embryonalen Entwickelung unterschieden werden müssten.

In Folge dieser Entdeckung gelangte Baer weiterhin zur Aufstellung eines sehr wichtigen Gesetzes, das wir ihm zu Ehren das Baer'sche Gesetz nennen wollen, und das er selbst in folgenden Worten ausspricht: „Die Entwickelung eines Individuums einer bestimmten Thierform wird von zwei Verhältnissen bestimmt: erstens von einer fortgehenden Ausbildung des thierischen Körpers durch wachsende histologische und morphologische Sonderung; zweitens zugleich durch Fortbildung aus einer allgemeineren Form des Typus in eine mehr besondere. Der Grad der Ausbildung des thierischen Körpers besteht in einem grösseren oder geringeren Maasse der Heterogenität der Elementartheile und der einzelnen Abschnitte eines zusammengesetzten Apparats, mit einem Worte, in der grösseren histologischen und morphologischen Sonderung (Differenzirung). Der Typus dagegen ist das Lagerungsverhältniss der organichen Elemente und der Organe. Der Typus ist von der Stufe der Ausbildung durchaus verschieden, so dass derselbe Typus in mehreren Stufen der Ausbildung bestehen kann, und umgekehrt, dieselbe Stufe der Ausbildung in mehreren Typen erreicht wird." Daraus erklärt sich die Erscheinung, dass die vollkommensten Thiere jedes Typus, z. B. die höchsten Gliederthiere und Weichthiere, viel vollkommener organisirt, d. h. viel stärker differenzirt sind, als die unvollkommensten Thiere jedes anderen Typus, z. B. die niedersten Wirbelthiere und Strahlthiere.

Dieses „Baer'sche Gesetz" hat die grösste Bedeutung für die fortschreitende Erkenntniss der thierischen Organisation gewonnen, obgleich wir erst später durch Darwin in den Stand gesetzt wurden, seine wahre Bedeutung zu erkennen und zu würdigen. Wir wollen hier gleich die Bemerkung einfügen, dass das wahre Verständniss desselben nur durch die Descendenztheorie möglich ist, durch die

Anerkennung der höchst wichtigen Rolle, welche die Vererbung und die Anpassung bei der organischen Formbildung spielen. Wie ich in meiner generellen Morphologie (Bd. II. S. 10) gezeigt habe, ist der „Typus der Entwickelung“ die mechanische Folge der Vererbung; der „Grad der Ausbildung“ aber ist die mechanische Folge der Anpassung. Vererbung und Anpassung sind die mechanischen Factoren der organischen Formbildung, welche erst durch DARWIN's Selectionstheorie in die Ontogenie eingeführt wurden, und durch welche wir erst zum Verständniss des BAER'schen Gesetzes gelangt sind.

Die epochemachenden Arbeiten BAER's regten ein ausserordentliches Interesse für embryologische Untersuchungen in den weitesten Kreisen an, und wir sehen daher in der Folgezeit eine grosse Anzahl von Beobachtern auf das neu entdeckte Forschungsgebiet sich werfen und mit grossem Fleisse zahlreiche einzelne Entdeckungen in kurzer Zeit anhäufen. Die Mehrzahl dieser neueren Embryologen sind fleissige Specialarbeiter, welche durch Herbeischaffen neuen Materials Viel genützt, im Ganzen aber nur wenig die allgemeinen Probleme der Keimesgeschichte gefördert haben. Ich kann mich daher hier auf die Nennung weniger Namen beschränken. Besonders bedeutend sind die Untersuchungen von HEINRICH RATHKE in Königsberg (gest. 1861), welcher sowohl die Entwickelungsgeschichte der Wirbellosen (Krebse, Insecten, Mollusken), als auch namentlich diejenige der Wirbelthiere (Fische, Schildkröten, Schlangen, Crocodile) bedeutend förderte. Ueber die Keimesgeschichte der Säugethiere haben wir die umfassendsten Aufschlüsse durch die sorgfältigen Untersuchungen von WILHELM BISCHOFF in München erhalten. Seine Entwickelungsgeschichte des Kaninchens (1840), des Hundes (1842), des Meerschweinchens (1852) und des Rehes (1854) bilden hier bisher die besten Grundlage. Ferner sind die embryologischen Untersuchungen von CARL VOGT und ALEXANDER GOETTE über die Amphibien und Fische hervorzuheben. Unter den zahlreichen Arbeiten über die Entwickelungsgeschichte der wirbellosen Thiere sind namentlich diejenigen des berühmten Berliner Zoologen JOHANNES MÜLLER über die Sternthiere (Echinodermen) ausgezeichnet; ferner diejenigen von ALBERT KÖLLIKER in Würzburg über die Dintenfische (Cephalopoden); diejenigen von FRITZ MÜLLER (Desterro) über die Crustaceen u. s. w. Die Zahl der Arbeiter auf diesem Gebiete ist neuer-

dings sehr gewachsen, ohne doch gerade viel Hervorragendes zu leisten. Den meisten neueren Arbeiten über Keimesgeschichte sieht man es an, dass ihre Verfasser zu wenig mit der vergleichenden Anatomie vertraut sind. Die bedeutendsten Keimesgeschichten aus der neuesten Zeit sind diejenigen von KOWALEVSKY, auf welche wir später ausführlich zurückkommen [12]).

Ein intensiverer Fortschritt in unserer allgemeinen Erkenntniss, als durch alle jene Einzeluntersuchungen herbeigeführt wurde, datirt vom Jahre 1838, in welchem die Zellentheorie begründet, und damit auch für die Entwickelungsgeschichte plötzlich ein neues Gebiet der Forschung eröffnet wurde. Nachdem zuerst der berühmte Botaniker M. SCHLEIDEN in Jena 1838 mittelst des Mikroskops die Zusammensetzung jedes Pflanzenkörpers aus zahllosen elementaren Formbestandtheilen, den sogenannten Zellen, nachgewiesen hatte, wendete schon im folgenden Jahre THEODOR SCHWANN in Berlin diese Entdeckung unmittelbar auf den Thierkörper an und zeigte, dass auch im Leibe der verschiedensten Thiere bei mikroskopischer Untersuchung der Gewebe überall dieselben Zellen als die wahren, einfachen Bausteine des Organismus sich nachweisen lassen. Alle die mannigfaltigen Gewebe des Thierkörpers, namentlich die so sehr verschiedenen Gewebe der Nerven, Muskeln, Knochen, äusseren Haut u. s. w. sind ursprünglich aus weiter nichts zusammengesetzt als aus Zellen; und dasselbe gilt von allen verschiedenen Geweben des Pflanzenkörpers. Diese Zellen, die wir nachher noch genauer betrachten werden, sind selbstständige lebendige Wesen, die Staatsbürger des Staates, den der ganze vielzellige Organismus darstellt. Diese höchst wichtige Erkenntniss musste natürlich auch der Entwickelungsgeschichte unmittelbar zu Gute kommen, indem sie viele neue Fragen anregte; so namentlich die Fragen: Welche Bedeutung haben denn die Zellen für die Keimblätter? Sind die Keimblätter bereits aus Zellen zusammengesetzt, und wie verhalten sie sich zu den Zellen der später erscheinenden Gewebe? Wie verhält sich das Ei zur Zellentheorie? Ist dieses selbst eine Zelle, oder ist es aus solchen zusammengesetzt? Das waren die bedeutungsvollen Fragen, welche durch die Zellentheorie jetzt zunächst in die Embryologie eingeführt wurden.

Für die richtige Beantwortung dieser Fragen, die von verschiedenen Forschern in verschiedenem Sinne versucht wurde, sind vor

allen die ausgezeichneten „Untersuchungen über die Entwickelung der Wirbelthiere“ von Robert Remak in Berlin (1851) entscheidend geworden. Dieser talentvolle Naturforscher verstand es, die grossen Schwierigkeiten, welche die Schleiden-Schwann'sche Zellentheorie in ihrer ersten Fassung der Embryologie in den Weg gelegt hatte, durch eine angemessene Reform derselben zu beseitigen. Allerdings hatte schon der Berliner Anatom Carl Boguslaus Reichert einen Versuch gemacht, die Entstehung der Gewebe zu erklären. Allein dieser Versuch musste gründlich misslingen, da es diesem ausserordentlich unklaren und wüsten Kopfe sowohl an jedem richtigen Verständniss der Entwickelungsgeschichte und der Zellentheorie im Allgemeinen, wie an gesunden Anschauungen vom Bau und der Entwickelung der Gewebe im Besonderen fehlte. Wie ungenau Reichert's Beobachtungen und wie falsch die daraus gezogenen Schlüsse waren, das ergiebt sich aus jeder genaueren Prüfung seiner angeblichen Entdeckungen. Beispielsweise sei hier nur angeführt, dass derselbe das ganze äussere Keimblatt, aus welchem die wichtigsten Körpertheile (Gehirn, Rückenmark, Oberhaut u. s. w.) entstehen, für eine vergängliche „Umhüllungshaut“ des Embryo erklärte, die gar nicht an der Körperbildung selbst sich betheilige. Die Anlagen der einzelnen Organe sollten grossentheils nicht aus den ursprünglichen Keimblättern, sondern unabhängig davon einzeln aus dem Eidotter entstehen und erst nachträglich zu jenen hinzutreten. Reichert's verkehrte embryologische Arbeiten wussten sich nur dadurch ein vorübergehendes Ansehen zu verschaffen, dass sie mit ungewöhnlicher Anmaassung auftraten, und die Baer'sche Keimblätter-Theorie als Irrlehre nachzuweisen behaupteten: und zwar in einer so unklaren und verworrenen Darstellung, dass eigentlich Niemand sie recht verstehen konnte. Gerade deshalb aber fanden sie die Bewunderung manches Lesers, der hinter diesen dunkeln Orakeln und Mysterien irgend einen tiefen Weisheitskern vermuthete.

In die arge Verwirrung, welche Reichert angerichtet hatte, brachte erst Remak volles Licht, indem er in der einfachsten Weise die Entwickelung der Gewebe aufklärte. Nach seiner Auffassung ist das Ei der Thiere stets eine einfache Zelle: die Keimblätter, welche sich aus dem Ei entwickeln, sind nur aus Zellen zusammengesetzt; und diese Zellen, welche allein die Keimblätter bilden, entstehen ganz einfach durch fortgesetzte, wiederholte Theilung aus der ersten

ursprünglich einfachen Eizelle. Dieselbe zerfällt zunächst in 2, dann in 4 Zellen; aus diesen 4 Zellen entstehen 8, dann 16, 32 u. s. w. Es entsteht also bei der individuellen Entwickelung jedes Thieres, ebenso wie jeder Pflanze, zunächst immer aus der einfachen Eizelle durch wiederholte Theilung derselben ein Haufen von Zellen, wie früher schon (1844) KÖLLIKER behauptet hatte. Die Zellen dieses Haufens breiten sich flächenartig aus und setzen Blätter zusammen; und jedes dieser Blätter ist ursprünglich nur aus einerlei Zellenart zusammengesetzt. Die Zellen der verschiedenen Blätter bilden sich verschieden aus, differenziren sich, und endlich erfolgt innerhalb der Blätter die weitere Sonderung (Differenzirung) oder Arbeitstheilung der Zellen, aus welcher alle die verschiedenen Gewebe des Körpers hervorgehen.

Das sind die höchst einfachen Grundzüge der Histogenie oder der Lehre von der Entwickelung der Gewebe, welche zuerst von REMAK in dieser umfassenden Weise durchgeführt wurde. Indem nun REMAK den Antheil näher feststellte, welchen die verschiedenen Keimblätter an der Bildung der verschiedenen Gewebe und Organ-Systeme besitzen, und die Theorie der Epigenesis auch auf die Zellen und die aus ihnen zusammengesetzten Gewebe anwendete, erhob er die Keimblätter-Theorie, wenigstens innerhalb des Wirbelthierstammes, auf diejenige Stufe der Vollendung, die wir nachher im Einzelnen kennen lernen werden. Aus den beiden Keimblättern, welche die erste einfache blattförmige Anlage des Wirbelthier-Körpers oder die sogenannte „Keimscheibe“ zusammensetzen, entstehen nach REMAK zunächst dadurch drei Blätter, dass sich das untere Blatt in zwei Lamellen spaltet; diese drei Blätter haben ganz bestimmte Beziehungen zu den verschiedenen Geweben. Es entwickeln sich nämlich erstens aus dem äusseren oder obern Blatt lediglich die Zellen, welche die äussere Oberhaut (Epidermis) unsers Körpers sammt den dazu gehörigen Anhangsgebilden (Haaren, Nägeln u. s. w.) zusammensetzen, also die äussere Decke, welche den ganzen Körper überzieht; ausserdem entstehen aber merkwürdiger Weise aus demselben oberen Blatte noch die Zellen, welche das Central-Nervensystem, Gehirn und Rückenmark zusammensetzen. Es entstehen zweitens aus dem inneren oder unteren Keimblatt bloss die Zellen, welche das Darm-Epithelium bilden, d. h. die ganze innere Auskleidung vom Darmcanal und von Allem, was daran hängt (Leber, Lunge, Speichel-

drüsen u. s. w.): also die Gewebe, welche die Nahrung des thierischen Körpers aufnehmen und die Verarbeitung derselben besorgen. Endlich drittens entwickeln sich aus dem dazwischen liegenden mittleren Blatte alle übrigen Gewebe des Wirbelthierkörpers: Fleisch und Blut, Knochen und Bindegewebe u. s. w. REMAK wies dann ferner nach, dass dieses mittlere Blatt, welches er motorisch-germinatives Blatt nennt, sich secundär wieder in zwei Blätter spaltet, so dass wir dann zusammen dieselben vier Blätter haben, die schon BAER angenommen hatte. Die äussere Spaltungs-Lamelle des mittleren Blattes (BAER's „Fleischschicht") nennt er Hautplatte; sie bildet die äussere Leibeswand (Lederhaut, Muskeln u. s. w.). Die innere Spaltungs-Lamelle desselben (BAER's „Gefässschicht") nennt er Darmfaserplatte; sie bildet die äussere Umhüllung des Darmcanals mit dem Gekröse, dem Herzen, den Blutgefässen u. s. w.

Auf der festen Grundlage, welche REMAK so für die Entwickelungsgeschichte der Gewebe, die sogenannte Histogenie, lieferte, sind in neuester Zeit unsere Kenntnisse im Einzelnen vielfach weiter ausgebildet worden. Allerdings ist auch mehrfach der Versuch gemacht worden, REMAK's Lehren theilweise zu beschränken oder auch ganz umzugestalten. Insbesondere sind der Berliner Anatom REICHERT und der Leipziger Anatom WILHELM HIS bemüht gewesen, in umfangreichen Arbeiten eine neue Anschauung von der Entwickelung des Wirbelthier-Körpers zu begründen, wonach die Grundlage des letzteren nicht ausschliesslich durch die beiden primären Keimblätter gebildet wird. Indessen sind diese Arbeiten, welche in der Literatur der Entwickelungsgeschichte die tiefste Stufe einnehmen, so sehr ohne die unentbehrliche Kenntniss der vergleichenden Anatomie, ohne tieferes Verständniss der Ontogenesis und ohne jede Rücksicht auf die Phylogenesis ausgeführt, dass sie nur einen ganz vorübergehenden Erfolg haben konnten. Nur durch den gänzlichen Mangel an Kritik und an Verständniss der eigentlichen Aufgaben der Entwickelungsgeschichte lässt es sich erklären, dass die wunderlichen Einfälle von REICHERT und HIS eine Zeit lang von Vielen als grosse Fortschritte angestaunt werden konnten.

Alle guten neueren Untersuchungen über die Ontogenese der Thiere haben nur zu einer Befestigung und weiteren Ausbildung der Keimblätter-Theorie im Sinne von BAER und REMAK geführt. Als der wichtigste Fortschritt in dieser Beziehung ist hervorzuheben,

dass neuerdings dieselben beiden primären Keimblätter, aus denen sich der Leib aller Wirbelthiere (mit Inbegriff des Menschen) aufbaut, auch bei allen wirbellosen Thieren (mit einziger Ausnahme der niedersten Gruppe, der Urthiere oder Protozoen) nachgewiesen worden sind. Schon im Jahre 1849 hatte der ausgezeichnete englische Naturforscher HUXLEY dieselben bei den Pflanzenthieren (Medusen) entdeckt. Er hob hervor, dass die beiden Zellenschichten, aus welchen sich der Körper dieser Pflanzenthiere entwickelt, sowohl in morphologischer als in physiologischer Beziehung ganz den beiden ursprünglichen Keimblättern der Wirbelthiere entsprechen. Das äussere Keimblatt, aus welchem sich die äussere Haut und das Fleisch entwickelt, nannte er Ectoderm, das innere Keimblatt, welches die Organe der Ernährung und Fortpflanzung bildet, Entoderm. In den letzten acht Jahren sind dieselben beiden Keimblätter aber in noch viel weiterer Verbreitung unter den wirbellosen Thieren nachgewiesen worden. Namentlich hat sie der unermüdliche russische Zoologe KOWALEVSKY bei den verschiedensten Abtheilungen der Wirbellosen wiedergefunden, bei den Würmern, Sternthieren, Gliederthieren u. s. w.[12])

Ich selbst habe in meiner 1872 erschienenen Monographie der Kalkschwämme den Nachweis geführt, dass dieselben beiden primären Keimblätter auch dem Körper der Schwämme oder Spongien zu Grunde liegen, und dass dieselben durch alle verschiedenen Thierklassen hindurch, von den Schwämmen bis zum Menschen hinauf, als gleichwerthig oder homolog anzusehen sind. Diese Homologie der beiden primären Keimblätter, die von ausserordentlicher Bedeutung ist, erstreckt sich auf das ganze Thierreich, mit einziger Ausnahme der niedersten Hauptabtheilung, der Urthiere oder Protozoen. Diese niedrig organisirten Thiere bringen es überhaupt noch nicht zur Bildung von Keimblättern, und in Folge dessen auch nicht zur Ausbildung von wahren Geweben. Vielmehr besteht der ganze Körper der Urthiere entweder bloss aus einer einzigen Zelle (wie bei den Amoeben und Infusorien), oder aus einem losen Aggregate von wenig differenzirten Zellen, oder er erreicht noch nicht einmal den Formwerth einer Zelle (wie bei den Moneren). Bei allen übrigen Thieren aber entstehen aus der Eizelle zunächst immer zwei primäre Keimblätter, das äussere, animale Keimblatt, Ectoderm oder Exoderm, und das innere, vegetative Keimblatt, das Ento-

derm; aus diesen erst entstehen die verschiedenen Gewebe und Organe. Das gilt ebenso von den Schwämmen und den übrigen Pflanzenthieren, wie von den Würmern; es gilt ebenso von den Weichthieren, Sternthieren und Gliederthieren, wie von den Wirbelthieren. Alle diese Thiere kann man unter der Bezeichnung Darmthiere oder Metazoen zusammenfassen, im Gegensatze zu den stets darmlosen Urthieren oder Protozoen.

Bei den niedersten Darmthieren besteht der Körper zeitlebens aus diesen zwei primären Keimblättern. Bei allen höheren Darmthieren aber zerfällt jedes derselben durch Spaltung abermals in zwei Blätter, und nun besteht der Leib aus vier secundären Keimblättern. Die allgemeine Homologie dieser letzteren bei allen verschiedenen Darmthieren und ihre Bedeutung für das natürliche System des Thierreichs habe ich 1873 in meiner Gastraea-Theorie nachzuweisen gesucht[13].

Wenn nun auch durch die angeführten Fortschritte in der Ontogenie der Thiere die wichtigsten Erscheinungen bei der individuellen Entwickelung des menschlichen und des Thierkörpers in thatsächlicher Beziehung hinreichend festgestellt wurden, so blieb doch immer für die Ontogenie die grösste Aufgabe noch übrig, nämlich die Erkenntniss der Ursachen, welche die organische Entwickelung und Formenbildung bewirken. Auf die Erkenntniss dieser eigentlichen mechanischen Ursachen der individuellen Entwickelung wurden wir erst im Jahre 1859 durch das Erscheinen von Darwin's Werk hingeführt, in welchem zum ersten Male die Thatsachen der Vererbung und Anpassung wissenschaftlich erörtert und in ihrer Beziehung zur Ontogenie richtig gedeutet wurden. Nur durch die Descendenztheorie sind wir im Stande, mit Hülfe der Vererbungs- und Anpassungsgesetze die Erscheinungen der individuellen Entwickelung wirklich zu begreifen und durch wirkende Ursachen zu erklären. Hierin liegt die Bedeutung der Darwin'schen Theorie für die Entwickelungsgeschichte des Menschen und die unmittelbare Verknüpfung des ersten Theiles unserer Wissenschaft, der Keimesgeschichte oder Ontogenie, mit dem zweiten Theile, der Stammesgeschichte oder Phylogenie.

Vierter Vortrag.

Die ältere Stammesgeschichte.

Jean Lamarck.

„Es würde leicht sein, zu zeigen, dass die Organisations-Charaktere des Menschen, deren man sich bedient, um aus dem Menschengeschlecht und seinen Rassen eine besondere Familie zu bilden, alle das Product von alten Abänderungen in seinen Handlungen und von Gewohnheiten sind, welche er angenommen hat und welche den Individuen seiner Art eigenthümlich geworden sind. Indem die vollkommenste Rasse der Affen durch die Umstände gezwungen wurde, sich an den aufrechten Gang zu gewöhnen, gelangte sie zur Herrschaft über die anderen Thierrassen. In Folge dieser absoluten Herrschaft und ihrer neuen Bedürfnisse änderte sie ihre Lebensgewohnheiten und erwarb stufenweise Veränderungen ihrer Organisation und zahlreiche und neue Eigenschaften; vor allen die bewunderungswürdige Fähigkeit zu sprechen."

Jean Lamarck (1809).

Inhalt des vierten Vortrages.

Die Stammesgeschichte vor Darwin. Die Entstehung der Arten. Carl Linné stellt den Begriff der Art oder Species auf und schliesst sich an die biblische Schöpfungsgeschichte des Moses an. Die Sintfluth. Die Paläontologie. Die Katastrophen-Theorie von George Cuvier. Wiederholte Revolutionen des Erdballs und Neuschöpfungen. Lyell's Continuitäts-Theorie. Die natürlichen Ursachen der beständigen Umbildung der Erde. Uebernatürliche Entstehung der Organismen. Dualistische Naturphilosophie von Immanuel Kant. Monistische Naturphilosophie von Jean Lamarck. Seine Lebensverhältnisse. Seine „Philosophie zoologique“. Die erste wissenschaftliche Darstellung der Abstammungslehre. Umbildung der Organe durch Uebung und Gewohnheit, verbunden mit Vererbung. Anwendung der Theorie auf den Menschen. Die Abstammung des Menschen vom Affen. Wolfgang Goethe. Seine naturwissenschaftlichen Studien. Seine Morphologie. Seine Studien über Bildung und Umbildung organischer Naturen. Goethe's Theorie von dem Specificationstrieb (Vererbung) und der Metamorphose (Anpassung).

IV.

Meine Herren!

Die Untersuchungen über die individuelle Entwickelungsgeschichte des Menschen und der Thiere, deren Geschichte wir in den letzten beiden Vorträgen überblickt haben, verfolgte bis vor Kurzem nur die Aufgabe, das Thatsächliche der Erscheinungen festzustellen, welche die Formveränderungen des entstehenden Organismus darbieten. Hingegen hat man es bis vor fünfzehn Jahren nicht gewagt, die Frage nach den Ursachen dieser Erscheinungen aufzuwerfen. In dem vollen Jahrhundert, vom Jahre 1759, wo WOLFF's grundlegende *Theoria generationis* erschien, bis zum Jahre 1859, wo DARWIN sein berühmtes Buch „über die Entstehung der Arten" veröffentlichte, blieben die Ursachen der Ontogenesis völlig verborgen. Während dieser hundert Jahre hat Niemand daran gedacht, ernstlich die wahren Ursachen der Formveränderungen, welche bei der Entwickelung des thierischen Organismus auftreten, in's Auge zu fassen. Vielmehr galt diese Aufgabe für so schwierig, dass sie die Kräfte der menschlichen Erkenntniss überhaupt zu übersteigen schien. Erst CHARLES DARWIN war es vorbehalten, uns mit einem Schlage in die Kenntniss dieser Ursachen einzuführen. In diesem Umstande liegt für uns die Veranlassung, DARWIN, der überhaupt auf dem ganzen Gebiete der Biologie eine vollständige Umwälzung hervorgerufen hat, auch auf dem Gebiete der Ontogenie als den Begründer einer neuen Periode zu bezeichnen. Allerdings hat DARWIN selbst nicht eigentlich mit embryologischen Untersuchungen sich eingehend beschäftigt und auch in seinem berühmten Werke die Erscheinungen der individuellen Entwickelung nur beiläufig berührt; allein er hat durch seine Reform der Descendenztheorie und durch die Aufstellung der von ihm sogenannten Selectionstheorie uns die Mittel an die Hand gegeben, die Ursachen der Formenentwicklung zu verfolgen.

Darin liegt nach meiner Auffassung vorzugsweise die ausserordentliche Bedeutung, welche dieser grosse Naturforscher für das gesammte Gebiet der Entwickelungsgeschichte wie der Biologie überhaupt besitzt.

Indem wir nun jetzt einen Blick auf diese letzte, eben erst begonnene Periode ontogenetischer Forschung werfen, treten wir damit zugleich in den zweiten Theil der Entwickelungsgeschichte ein, in die Stammesgeschichte oder Phylogenie. Schon im ersten Vortrage habe ich auf den ausserordentlich wichtigen und innigen causalen Zusammenhang hingewiesen, welcher zwischen diesen beiden Zweigen der Entwickelungsgeschichte existirt, zwischen der Entwickelungsgeschichte des Individuums und derjenigen aller seiner Vorfahren. Wir haben diesen Zusammenhang in dem biogenetischen Grundgesetze ausgedrückt: die Ontogenese oder die Entwickelung des Individuums ist eine kurze und schnelle Wiederholung, eine gedrängte Recapitulation der Phylogenese oder der Entwickelung der Art (Species). In diesem Satze liegt eigentlich alles Wesentliche eingeschlossen, was die Ursachen der Entwickelung betrifft, und diesen Satz werden wir im Verlaufe dieser Vorträge überall zu begründen, seine Wahrheit durch Anführung thatsächlicher Beweise überall zu stützen suchen. Mit Beziehung auf diese ursächliche oder causale Bedeutung können wir den Inhalt des biogenetischen Grundgesetzes vielleicht noch besser so ausdrücken: „Die Entwickelung der Arten (Species) oder Stämme (Phylen) enthält die bedingenden Ursachen, auf denen die Entwickelung der organischen Individuen beruht:" oder ganz kurz: „Die Phylogenesis ist die mechanische Ursache der Ontogenesis."

Dass wir jetzt im Stande sind, diese früher für ganz unzugänglich gehaltenen Ursachen der individuellen Entwickelung zu verfolgen und in ihrem Wesen zu erkennen, das verdanken wir Darwin, und deshalb bezeichnen wir mit seinem Namen eine neue Periode der Entwickelungsgeschichte. Bevor wir aber die grosse Erkenntnissthat betrachten, durch welche uns Darwin den Weg zum Verständniss der Entwickelungsursachen eröffnet hat, müssen wir einen flüchtigen Blick auf die Bestrebungen werfen, welche frühere Naturforscher auf dasselbe Ziel gerichtet haben. Der historische Ueberblick über diese Bestrebungen wird noch viel kürzer ausfallen, als derjenige über die Arbeiten auf dem Gebiete der Ontogenie. Eigent-

lich sind nur sehr wenige Namen hier zu nennen, und zwar erstens der französische Naturforscher JEAN LAMARCK, welcher im Jahre 1809 zum ersten Male die sogenannte Descendenztheorie oder Abstammungslehre als wissenschaftliche Therorie begründete, und sodann zweitens unser grösster Dichter, WOLFGANG GOETHE, der gleichzeitig mit denselben Ideen sich trug, ein halbes Jahrhundert, bevor DARWIN auftrat: Die. ersten Anfänge dieser Wissenschaft fallen also in den Beginn unseres Jahrhunderts. In der ganzen früheren Zeit hat man die Frage nach der Entstehung der Arten, in der die Stammesgeschichte eigentlich gipfelt, überhaupt niemals ernstlich aufzuwerfen gewagt.

Die ganze Phylogenie des Menschen sowohl als auch der übrigen Thiere hängt auf das Innigste mit der Frage von der Natur der Arten oder Species zusammen, mit dem Problem, wie die einzelnen Thierarten, die wir im Systeme als Species unterscheiden. entstanden sind. Der Begriff der Art oder Species tritt hierbei in den Vordergrund. Bekanntlich wurde dieser Begriff von LINNÉ aufgestellt, der 1735 in seinem berühmten „Systema naturae“ zum ersten Male eine genaue Unterscheidung und Benennung der Thier- und Pflanzenarten versuchte und ein geordnetes Verzeichniss der damals bekannten Arten aufstellte. Ueber das Wesen der Species. die man seitdem als wichtigsten Collectiv-Begriff (allerdings unter beständigen Streitigkeiten über die eigentliche Bedeutung desselben in der beschreibenden Zoologie und Botanik bis auf den heutigen Tag beibehalten hat, machte sich LINNÉ selbst keine besonders wissenschaftlichen Vorstellungen. Vielmehr stützte er sich dabei auf die mythologischen Anschauungen, welche der herrschende Kirchenglauben auf Grund der mosaischen Schöpfungsgeschichte bezüglich dieses Punktes eingeführt hatte und welche bis heute in ziemlich allgemeiner Geltung geblieben sind. Ja er knüpfte sogar unmittelbar an die mosaische Schöpfungsgeschichte an, und wie es dort geschrieben steht, nahm er an, dass von jeder Thier- und Pflanzenart ursprünglich nur ein Paar, wie es bei Moses heisst: „ein Männlein und ein Fräulein“ geschaffen sei: die sämmtlichen Individuen dieser Art seien die Nachkommen dieses zuerst am sechsten Schöpfungstage geschaffenen Urpaares. Für diejenigen Organismen, welche Zwitter oder Hermaphroditen sind, d. h. beiderlei Geschlechtsorgane in ihrem Körper vereinigt tragen. war es nach LINNÉ's An-

sicht genügend, dass nur ein einziges Individuum geschaffen sei, da ein solches die Fähigkeit zur Fortpflanzung der Art bereits vollständig besessen habe. Bei der weiteren Ausbildung dieser mythologischen Vorstellungen schloss sich LINNÉ auch darin noch an Moses an, dass er die sogenannte „Sintfluth“ und den damit zusammenhängenden Mythus von der Arche Noah für die „Chorologie der Organismen“, d. h. für die Lehre von der geographischen Verbreitung der Thier- und Pflanzen-Arten verwerthete. Mit Moses nahm er an, dass damals durch die Sintfluth alle Pflanzen, Thiere und Menschen zu Grunde gegangen seien; nur je ein Paar wäre für die Erhaltung der Arten gerettet, in der Arche Noah aufbewahrt und nach beendigter Sintfluth auf dem Berge Ararat an das Land gesetzt worden. Der Berg Ararat schien ihm für diese Landung deshalb besonders geeignet, weil er in einem warmen Klima sich bis über 16,000 Fuss Höhe erhebt, und also in seinen Höhenzonen die verschiedenen Klimate besitzt, die für die Erhaltung der verschiedenen Thierarten nothwendig waren. Die an ein kaltes Klima gewöhnten Thiere konnten auf die Höhe des Berges hinaufsteigen, die an ein warmes Klima gewöhnten an den Fuss hinabgehen und die Bewohner der gemässigten Zone auf der Mitte des Berges sich aufhalten; von hier aus konnte auf's Neue die Ausbreitung der verschiedenen Thier- und Pflanzenarten über die Erdoberfläche stattfinden.

Von einer wissenschaftlichen Ausbildung der Schöpfungsgeschichte konnte zu LINNÉ's Zeit schon deshalb keine Rede sein, weil eine ihrer wichtigsten Basen, die Petrefactenkunde oder Paläontologie, damals noch gar nicht existirte. Nun hängt aber gerade die Lehre von den Versteinerungen, von den übrig gebliebenen Resten der ausgestorbenen Thier- und Pflanzen-Arten, auf das Engste mit der ganzen Schöpfungsgeschichte zusammen. Die Frage, wie die heute lebenden Thier- und Pflanzen-Arten entstanden sind, ist ohne Rücksicht auf jene nicht zu lösen. Allein die Kenntniss dieser Versteinerungen fällt in viel spätere Zeit, und als den eigentlichen Begründer der wissenschaftlichen Paläontologie können wir erst GEORGE CUVIER nennen, den bedeutendsten Zoologen, der nächst LINNÉ das Thiersystem bearbeitete und im Beginne unseres Jahrhunderts eine vollständige Reform der systematischen Zoologie herbeiführte. Der Einfluss dieses berühmten Naturforschers, welcher vorzugsweise in

den ersten drei Decennien unseres Jahrhunderts eine ausserordentlich fruchtbare Wirksamkeit entfaltete, war so gross, dass er fast in allen Theilen der wissenschaftlichen Zoologie, namentlich aber in der Systematik, in der vergleichenden Anatomie und in der Versteinerungskunde, neue Bahnen eröffnete. Es ist deshalb von Wichtigkeit, die Anschauungen in's Auge zu fassen, welche sich Cuvier vom Wesen der Art bildete. In dieser Beziehung schloss er sich an Linné und die mosaische Schöpfungsgeschichte an, obgleich ihm dieser Anschluss durch seine Kenntniss der versteinerten Thierformen sehr erschwert wurde. Er zeigte zum ersten Male in klarer Weise, dass auf unserem Erdballe eine grosse Anzahl von ganz verschiedenen Bevölkerungen gelebt habe. Er zeigte ferner, dass wir mehrere (mindesten 10—15) verschiedene Hauptabschnitte in der Erdgeschichte unterscheiden müssen, deren jeder eine ganz eigenthümliche, nur ihm zukommende Bevölkerung von Thieren und Pflanzen aufzuweisen hat. Natürlich musste sich ihm unmittelbar die Frage aufdrängen, woher diese verschiedenen Bevölkerungen gekommen seien, ob sie im Zusammenhange mit einander stünden oder nicht. Cuvier beantwortete diese Frage verneinend, und behauptete, dass diese verschiedenen Schöpfungen völlig unabhängig von einander seien, dass also der übernatürliche Schöpfungsact, durch welchen nach der herrschenden Schöpfungsgeschichte die Thier- und Pflanzen-Arten entstanden seien, mehrere Male stattgefunden haben müsse. Demnach musste eine Reihe von ganz verschiedenen Schöpfungsperioden auf einander gefolgt sein, und im Zusammenhange damit mussten wiederholt grossartige Umwälzungen der gesammten Erdoberfläche, Revolutionen und Kataklysmen, ähnlich der mythischen Sintfluth, stattgefunden haben. Diese Katastrophen und Umwälzungen beschäftigten Cuvier vielfach, um so mehr, als zu jener Zeit die Geologie ebenfalls sich mächtig zu rühren begann und grosse Fortschritte in der Erkenntniss vom Bau und der Entstehung des Erdkörpers gemacht wurden. Von anderer Seite, insbesondere durch den berühmten Geologen Werner und seine Schule, wurden die verschiedenen Schichten der Erdrinde genau untersucht, die Versteinerungen, welche in diesen Schichten eingeschlossen sind, systematisch bearbeitet, und auch diese Untersuchungen führten zu der Annahme verschiedener Schöpfungsperioden. In jeder Periode zeigte sich die anorganische Erdrinde, die aus verschiedenen Schichten

zusammengesetzte Oberfläche der Erde, eben so verschieden beschaffen, wie die Bevölkerung von Thieren und Pflanzen, welche damals auf derselben lebte. Indem CUVIER diese Ansicht mit den Ergebnissen seiner paläontologischen und zoologischen Untersuchungen combinirte und über den ganzen Entwickelungsgang der Schöpfung klar zu werden suchte, gelangte er zu der Hypothese, welche man die Kataklysmen- oder Katastrophen-Theorie, die Lehre von den gewaltsamen Revolutionen des Erdballs zu nennen pflegt. Nach dieser Lehre haben auf unserer Erde wiederholt zu bestimmten Zeiten Umwälzungen stattgefunden, durch welche die ganze lebende Bevölkerung plötzlich vernichtet wurde, und am Ende jeder dieser Katastrophen hat eine totale Neuschöpfung der Organismen stattgefunden; da wir uns diese nicht auf natürlichem Wege denken können, müssen wir zu ihrer Erklärung übernatürliche Eingriffe des Schöpfers in den natürlichen Gang der Dinge annehmen. Diese Revolutionslehre, welche CUVIER in einem besonderen, auch ins Deutsche übersetzten Werke behandelte, wurde bald allgemein anerkannt und blieb ein halbes Jahrhundert hindurch in der Biologie herrschend; ja sie wird selbst jetzt noch von einigen berühmten Naturforschern vertheidigt.

Allerdings wurde schon vor mehr als vierzig Jahren CUVIER's Katastrophenlehre von Seiten der Geologen gründlich widerlegt, und zwar zuerst durch CHARLES LYELL, den bedeutendsten Naturforscher, der dieses Gebiet beherrscht. Er führte in seinen berühmten „*Principles of geology*" schon im Jahre 1830 den Nachweis, dass diese Lehre völlig falsch sei, in soweit sie die Erdrinde selbst betreffe: dass man, um den Bau und die Entwickelung der Gebirge zu begreifen, keineswegs zu übernatürlichen Ursachen, oder zu allgemeinen Katastrophen seine Zuflucht nehmen müsse; vielmehr seien zur Erklärung dieser Erscheinungen die gewöhnlichen Ursachen ausreichend, welche noch jetzt in jeder Stunde an der Umbildung und Umarbeitung unserer Erdoberfläche thätig sind. Diese Ursachen sind die atmosphärischen Einflüsse, das Wasser in seinen verschiedenen Formen, als Schnee und Eis, Nebel und Regen, der fliessende Strom und die Brandung des Meeres; endlich die vulkanischen Erscheinungen, welche durch die heissflüssige innere Erdmasse herbeigeführt werden. In überzeugender Weise wurde von LYELL der Nachweis geführt, dass diese natürlichen Ursachen vollständig ausreichen,

um alle Erscheinungen im Bau und in der Entwickelung der Erdrinde zu erklären. Daher wurde in kurzer Zeit auf dem Gebiete der Geologie die Lehre CUVIER's von den Umwälzungen und Neuschöpfungen ganz verlassen. Trotzdem blieb diese Lehre auf dem Gebiete der Biologie noch dreissig Jahre lang in unangefochtener Geltung, und die gesammten Zoologen und Botaniker, soweit sie sich überhaupt auf Gedanken über die Entstehung der Organismen einliessen, hielten fest an CUVIER's falscher Lehre von den wiederholten Neuschöpfungen und den damit verbundenen Revolutionen der Erdoberfläche. Das ist gewiss eines der merkwürdigsten Beispiele, wie zwei nahe verwandte Wissenschaften lange Zeit hindurch einen ganz verschiedenen Weg neben einander einschlagen; die eine, die Biologie, bleibt auf dem dualistischen Wege weit zurück und leugnet überhaupt die Möglichkeit, die „Schöpfungsfragen“ durch natürliche Erkenntniss zu lösen; die andere, die Geologie, ist daneben auf dem monistischen Wege schon weit vorgeschritten, und hat dieselben Fragen durch Erkenntniss der wahren Ursachen gelöst.

Um zu begreifen, welche völlige Resignation während des Zeitraums von 1830—1859 mit Bezug auf die Entstehung der Organismen, auf die Schöpfung der Thier- und Pflanzenarten in der Biologie herrschte, führe ich Ihnen aus meiner eigenen Erfahrung die Thatsache an, dass ich während meiner ganzen Universitäts-Studien niemals ein Wort über diese wichtigste Grundfrage der Biologie gehört habe. Ich hatte während dieser Zeit (1852—1857) das Glück, die ausgezeichnetsten Lehrer auf allen Gebieten der organischen Naturwissenschaft zu hören; keiner derselben hat je von dieser Grundfrage gesprochen; keiner von ihnen hat die Frage von der Entstehung der Arten auch nur einmal berührt. Niemals wurden die früher gemachten Versuche, die Entstehung der Thier- und Pflanzenarten zu begreifen, auch nur mit einem Worte hervorgehoben; niemals wurde die höchst bedeutende „*Philosophie zoologique*“ von LAMARCK, die diesen Versuch schon im Jahre 1809 unternahm, überhaupt der Erwähnung für werth gehalten. Sie werden daher den colossalen Widerstand begreifen, den DARWIN fand, als er zum ersten Male diese Frage wieder in Angriff nahm. Sein Versuch schien zunächst völlig in der Luft zu schweben und auf gar keine früheren Vorarbeiten sich zu stützen. Das ganze Problem der Schöpfung, die ganze Frage nach der Entstehung der Thier- und Pflanzenarten

galt in der Biologie noch bis zum Jahre 1859 für supranaturalistisch und transscendental: ja selbst auf dem Gebiete der speculativen Philosophie, wo man doch von verschiedenen Seiten auf diese Frage hingedrängt wurde, hatte Niemand gewagt, ernstlich dieselbe in Angriff zu nehmen.

Dieser letztere Umstand ist wohl hauptsächlich durch den dualistischen Standpunkt IMMANUEL KANT's und durch die ausserordentliche Bedeutung zu erklären, welcher dieser einflussreichste unter den neueren Philosophen (besonders in Deutschland) während unseres ganzen Jahrhunderts behauptet hat. Während nämlich dieser grosse Genius, gleich bedeutend als Naturforscher wie als Philosoph, auf dem Gebiete der anorganischen Natur sehr wesentlich an einer „natürlichen Schöpfungsgeschichte" arbeitete, vertrat er in Bezug auf die Entstehung der Organismen vollständig den supranaturalistischen Standpunkt. Einerseits machte KANT in seiner „allgemeinen Naturgeschichte und Theorie des Himmels" den glücklichsten und bedeutendsten „Versuch, die Verfassung und den mechanischen Ursprung des ganzen Weltgebäudes nach NEWTON'schen Grundsätzen abzuhandeln," d. h. mit anderen Worten, mechanisch zu begreifen, monistisch zu erkennen: und dieser Versuch, durch natürliche wirkende Ursachen (*causae efficientes*) den Ursprung der ganzen Welt zu erklären, bildet noch heute die Basis unserer ganzen natürlichen Kosmogenie. Anderseits aber behauptete KANT, dass das hier angewendete „Princip des Mechanismus der Natur, ohne das es ohnedies keine Naturwissenschaft geben kann", für die Erklärung der organischen Naturerscheinungen, und namentlich der Entstehung der Organismen, durchaus nicht hinreichend sei: dass man für die Entstehung dieser zweckmässig eingerichteten Naturkörper vielmehr übernatürliche zweckthätige Ursachen (*causae finales*) annehmen müsse. Ja, er behauptet sogar: „Es ist ganz gewiss, dass wir die organisirten Wesen und deren innere Möglichkeit nach bloss mechanischen Principien der Natur nicht einmal zureichend kennen lernen, viel weniger uns erklären können, und zwar so gewiss, dass man dreist sagen kann: Es ist für Menschen ungereimt, auch nur einen solchen Anschlag zu fassen, oder zu hoffen, dass noch etwa dereinst ein NEWTON aufstehen könne, der auch nur die Erzeugung eines Grashalmes nach Naturgesetzen, die keine Absicht geordnet hat, begreiflich machen werde: sondern man muss

diese Einsicht dem Menschen schlechterdings absprechen.“ Damit hat KANT ganz entschieden den dualistischen und teleologischen Standpunkt bezeichnet, den er in der organischen Naturwissenschaft beibehielt. Allerdings hat er diesen Standpunkt bisweilen verlassen, und namentlich an einigen sehr merkwürdigen Stellen, die ich in meiner „Natürlichen Schöpfungsgeschichte“ [14]) (im fünften Vortrage) ausführlich besprochen habe, sich in ganz entgegengesetztem, monistischem Sinne ausgesprochen. Ja man könnte ihn auf Grund dieser Stellen, wie ich dort hervorhob, sogar geradezu als einen Anhänger der Descendenz-Theorie bezeichnen. Allein diese klaren monistischen Aeusserungen sind nur einzelne Lichtblicke, und für gewöhnlich hielt KANT in der Biologie an jenen dunkeln dualistischen Vorstellungen fest, wonach in der organischen Natur ganz andere Kräfte walten, als in der anorganischen Diese dualistische oder zwiespaltige Naturauffassung ist auch noch heute in der Philosophie der Schule die vorherrschende, und noch heute betrachten die meisten Philosophen diese beiden Erscheinungsgebiete als ganz verschieden: einerseits das anorganische Naturgebiet, die sogenannte „leblose“ Natur, wo nur mechanische Gesetze *(causae efficientes)* mit Nothwendigkeit, ohne bewussten Zweck, wirken sollen; anderseits das Gebiet der belebten organischen Natur, wo alle Erscheinungen in ihrem tiefsten Wesen und ersten Entstehen nur begreiflich werden sollen durch Annahme vorbedachter Zwecke oder sogenannter zweckthätiger Ursachen *(causae finales)*.

Trotzdem nun unter der Herrschaft dieser falschen dualistischen Vorurtheile bis zum Jahre 1859 die Frage nach der Entstehung der Thier- und Pflanzenarten und die damit zusammenhängende Frage nach der „Schöpfung des Menschen“ in den weitesten Kreisen überhaupt nicht als Gegenstand wissenschaftlicher Erkenntniss zugelassen wurde, so begannen doch schon im Anfange unseres Jahrhunderts einzelne sehr bedeutende Geister, unbeirrt durch die herrschenden Dogmen, jene Fragen ganz ernstlich in Angriff zu nehmen. Insbesondere gebührt dieses Verdienst der sogenannten „Schule der älteren Naturphilosophie“, welche so vielfach verleumdet worden ist, und welche in Frankreich vorzugsweise durch JEAN LAMARCK, GEOFFROY S. HILAIRE und DUCROTAY BLAINVILLE, in Deutschland durch WOLFGANG GOETHE, REINHOLD TREVIRANUS und LORENZ OKEN vertreten war.

Derjenige geistvolle Naturphilosoph, den wir hierbei in erster Linie hervorzuheben haben, ist JEAN LAMARCK. Derselbe ist am 1. August 1744 zu Bazentin in der Picardie geboren, der Sohn eines Pfarrers, der ihn für den theologischen Beruf bestimmte. Er wandte sich jedoch zunächst dem ruhmverheissenden Kriegerstande zu, zeichnete sich als sechzehnjähriger Knabe in dem für die Franzosen unglücklichen Gefecht bei Lippstadt in Westfalen durch Tapferkeit aus und lag dann einige Jahre in Garnison im südlichen Frankreich. Hier lernte er die interessante Flora der Mittelmeerküste kennen und wurde durch sie bald ganz für das Studium der Botanik gewonnen. Er gab seine Officierstelle auf und veröffentlichte schon im Jahre 1778 seine grundlegende *Flore francaise*. Jahre hindurch hatte er mit bitterer Noth zu kämpfen. Erst in seinem fünfzigsten Lebensjahre (1794) erhielt er eine Professur für Zoologie am Museum des Pariser Pflanzengartens. Hierdurch wurde er tiefer in die Zoologie hineingeführt, in deren Systematik er bald ebenso werthvolle und bedeutende Arbeiten lieferte, wie vordem in der systematischen Botanik. 1802 veröffentlichte er seine „*Considerations sur les corps vivants*", in denen die ersten Keime seiner Descendenz-Theorie liegen. 1809 erschien die höchst bedeutende „*Philosophie zoologique*", das Hauptwerk, in welchem er diese Theorie ausführte. 1815 publicirte er die umfangreiche Naturgeschichte der wirbellosen Thiere (*Histoire naturelle des animaux sans vertebres*), in deren Einleitung dieselbe ebenfalls entwickelt ist. Um diese Zeit erblindete LAMARCK vollständig und beschloss 1829 sein arbeitsreiches Leben unter den dürftigsten äusseren Verhältnissen [15].

LAMARCK's *Philosophie zoologique* war der erste wissenschaftliche Entwurf einer wahren Entwickelungsgeschichte der Arten, einer „natürlichen Schöpfungsgeschichte" der Pflanzen, der Thiere und des Menschen selbst. Die Wirkung dieses merkwürdigen und bedeutenden Buches war aber gleich der des grundlegenden WOLFF'schen Werkes, nämlich gleich Null; beide fanden kein Verständniss. Kein Naturforscher fühlte sich damals veranlasst, sich ernstlich um dieses Buch zu bekümmern und die darin niedergelegten Keime der wichtigsten biologischen Fortschritte weiter zu entwickeln. Die bedeutendsten Botaniker und Zoologen verwarfen dasselbe ganz und hielten es keiner Widerlegung für bedürftig. CUVIER, der gleichzeitig mit LAMARCK in Paris lehrte und arbeitete, hat es nicht der Mühe werth gefunden,

in seinem Berichte über die Fortschritte der Naturwissenschaften, in dem die geringfügigsten Beobachtungen Platz fanden, diesen grössten „Fortschritt“ auch nur mit einer Sylbe zu erwähnen. Kurz. LAMARCK's zoologische Philosophie theilte das Schicksal von WOLFF's Entwickelungs-Theorie und wurde ein halbes Jahrhundert hindurch allgemein ignorirt. Sogar die deutschen Naturphilosophen, namentlich OKEN und GOETHE, die gleichzeitig mit ähnlichen Speculationen sich trugen, scheinen LAMARCK's Werk nicht gekannt zu haben. Wären sie damit bekannt gewesen, so würden sie durch die Kenntniss desselben wesentlich gefördert worden sein, und hätten wohl schon damals die Entwickelungstheorie viel weiter ausgebaut, als es ihnen möglich geworden ist.

Um Ihnen eine Vorstellung von der hohen Bedeutung der *Philosophie zoologique* zu geben, will ich nur einige der wichtigsten von LAMARCK's Ideen hier kurz andeuten. Es giebt nach seiner Auffassung keinen wesentlichen Unterschied zwischen lebendiger und lebloser Natur; die ganze Natur ist eine einzige zusammenhängende Erscheinungswelt, und dieselben Ursachen, welche die leblosen Naturkörper bilden und umbilden, dieselben Ursachen sind allein auch in der lebendigen Natur wirksam. Demgemäss haben wir auch dieselbe Forschungs- und Erklärungsmethode für die eine wie für die andere anzuwenden. Das Leben ist nur ein physikalisches Phänomen. Alle Organismen, die Pflanzen, die Thiere und an ihrer Spitze der Mensch. sind in ihren inneren und äusseren Formverhältnissen ganz ebenso wie die Mineralien und alle leblosen Naturkörper nur durch mechanische Ursachen *(causae efficientes)*, ohne zweckthätige Ursachen *(causae finales)* zu erklären. Dasselbe gilt von der Entstehung der verschiedenen Arten. Für diese können wir naturgemäss keinen ursprünglichen Schöpfungsakt, ebenso wenig wiederholte Neuschöpfungen (wie bei CUVIER's Katastrophen-Lehre), sondern nur natürliche, ununterbrochene und nothwendige Entwickelung annehmen. Der ganze Entwickelungsgang der Erde und ihrer Bewohner ist continuirlich, zusammenhängend. Alle verschiedenen Thier- und Pflanzenarten, die wir jetzt vorfinden, und die jemals gelebt haben, alle haben sich auf natürlichem Wege aus früher dagewesenen und davon verschiedenen Arten hervorgebildet: alle stammen von einer einzigen oder von wenigen gemeinsamen Stammformen ab. Diese ältesten Stammformen können nur ganz einfache und niedrigste Organismen gewesen sein.

welche durch Urzeugung aus der anorganischen Materie entstanden sind. Die Arten oder Species der Organismen sind beständig durch Anpassung an die wechselnden äusseren Lebensverhältnisse (namentlich durch Uebung und Gewohnheit) umgeändert worden und haben ihre Umbildung durch Vererbung auf die Nachkommen übertragen.

Das sind die Grundzüge der Theorie LAMARCK's, die wir heute Abstammungslehre oder Umbildungslehre nennen, und die DARWIN erst 50 Jahre später zur Anerkennung gebracht und durch neue Beweisgründe fest gestützt hat. LAMARCK ist also der eigentliche Begründer dieser Descendenz-Theorie oder Transmutations-Theorie, und es ist nicht richtig, wenn heutzutage häufig DARWIN als der erste Urheber derselben genannt wird. LAMARCK war der erste, welcher die natürliche Entstehung aller Organismen, mit Inbegriff des Menschen, als wissenschaftliche Theorie formulirte, und zugleich die beiden extremsten Consequenzen dieser Theorie zog: nämlich erstens die Lehre von der Entstehung der ältesten Organismen durch Urzeugung, und zweitens die Abstammung des Menschen von den menschenähnlichen Säugethieren, den Affen.

Diesen letzteren wichtigen Vorgang, der uns hier vorzugsweise interessirt, suchte LAMARCK durch dieselben bewirkenden Ursachen zu erklären, welche er auch für die natürliche Entstehung der Thier- und Pflanzenarten in Anspruch nahm. Als die wichtigsten dieser Ursachen betrachtet er die Uebung und Gewohnheit (Anpassung) einerseits, die Vererbung anderseits. Die bedeutendsten Umbildungen in den Organen der Thiere und Pflanzen sind nach ihm durch die Function, durch die Thätigkeit dieser Organe selbst entstanden, durch die Uebung oder Nichtübung, durch den Gebrauch oder Nichtgebrauch derselben. Um ein paar Beispiele anzuführen, so haben der Specht und der Colibri ihre eigenthümliche lange Zunge durch die Gewohnheit erhalten, ihre Nahrung mittelst der Zunge aus engen tiefen Spalten oder Canälen herauszuholen; der Frosch hat die Schwimmhäute zwischen seinen Zehen durch die Schwimmbewegungen selbst erworben; die Giraffe hat ihren langen Hals durch das Hinaufstrecken desselben nach den Zweigen der Bäume erhalten u. s. w. Allerdings sind die Gewohnheit, der Gebrauch und Nichtgebrauch der Organe als bewirkende Ursachen der organischen Formbildung von höchster Wichtigkeit; allein sie reichen doch für sich allein nicht aus, um die Umbildung der Arten zu erklären. Als zweite nicht minder wich-

tige Ursache muss vielmehr mit dieser Anpassung die Vererbung zusammenwirken, wie das auch LAMARCK ganz richtig erkannte. Er behauptete nämlich, dass an sich zwar die Veränderung der Organe durch Uebung oder Gebrauch bei jedem einzelnen Individuum zunächst nur sehr unbedeutend sei, dass sie aber durch Häufung oder Cumulation der Einzelwirkungen sehr bedeutend werde, indem sie sich von Generation zu Generation vererbe und so summire. Das war ein vollkommen richtiger Grundgedanke. Allein es fehlte LAMARCK noch vollständig das Princip, welches DARWIN erst später als den wichtigsten Factor in die Umbildungstheorie einführte, nämlich das Princip der natürlichen Züchtung im Kampfe um's Dasein. Theils der Umstand, dass LAMARCK nicht zur Entdeckung dieses ausserordentlich wichtigen Causalverhältnisses gelangte, theils der niedrige Zustand aller biologischen Wissenschaften zu jener Zeit, verhinderten ihn, seine Theorie von der gemeinsamen Abstammung der Thiere und des Menschen fester zu begründen.

Auch die Entstehung des Menschen aus dem Affen suchte LAMARCK vor Allem durch Fortschritte in den Lebensgewohnheiten der Affen zu erklären: durch fortschreitende Entwickelung und Uebung ihrer Organe, und Vererbung der so erworbenen Vervollkommnungen auf die Nachkommen. Unter diesen Vervollkommnungen betrachtet LAMARCK als die wichtigsten den aufrechten Gang des Menschen, die verschiedene Ausbildung der Hände und Füsse, die Ausbildung der Sprache und die damit verbundene höhere Entwickelung des Gehirns. Er nahm an, dass die menschenähnlichsten Affen, welche die Stammeltern des Menschengeschlechtes wurden, den ersten Schritt zur Menschwerdung dadurch gethan hätten, dass sie die kletternde Lebensweise auf Bäumen aufgaben und sich an den aufrechten Gang gewöhnten. In Folge dessen trat die dem Menschen eigenthümliche Haltung und Umbildung der Wirbelsäule und des Beckens, sowie die Differenzirung der beiden Gliedmaassen-Paare ein: das vordere Paar entwickelte sich zu Händen, die bloss zum Greifen und Tasten dienten; das hintere Paar wurde nur noch zum Gehen gebraucht und bildete sich dadurch zum reinen Fusse aus.

In Folge dieser ganz veränderten Lebensweise und in Folge der Correlation oder Wechselbeziehung der verschiedenen Körpertheile und ihrer Functionen traten nun aber auch bedeutende Veränderungen in anderen Organen und in deren Functionen ein. So wurde nament-

lich in Folge der veränderten Nahrung der Kiefer-Apparat und das Gebiss, sowie im Zusammenhang damit die ganze Gesichtsbildung verändert. Der Schwanz, der nicht mehr gebraucht wurde, ging allmählich verloren. Da aber diese Affen in Gesellschaften beisammen lebten und geordnete Familienverhältnisse besassen (wie es noch jetzt bei den höheren Affen der Fall ist), so wurden vor allen diese geselligen Gewohnheiten (oder die sogenannten „socialen Instincte") höher entwickelt. Die blosse Lautsprache der Affen wurde zur Wortsprache des Menschen; aus den concreten Eindrücken wurden die abstracten Begriffe gesammelt. Stufe für Stufe entwickelte sich so das Gehirn in Correlation zum Kehlkopf, das Organ der Seelenthätigkeit in Wechselwirkung zum Organ der Sprache. In diesen höchst wichtigen Ideen, deren Darlegung in LAMARCK's Werke sehr interessant ist, liegen die ersten und ältesten Keime zu einer wahren Stammesgeschichte des Menschen.

Unabhängig von LAMARCK beschäftigte sich gegen Ende des vorigen und im Beginne dieses Jahrhunderts mit dem Schöpfungs-Problem ein Genius ersten Ranges, dessen Gedanken darüber uns ganz besonders interessiren müssen. Das ist Niemand anders, als unser grösster Dichter, WOLFGANG GOETHE. Bekanntlich wurde GOETHE durch sein offenes Auge für alle Schönheiten der Natur und durch sein tiefes Verständniss ihres Wirkens schon frühzeitig zu den verschiedenartigsten naturwissenschaftlichen Studien angeregt, die sein ganzes Leben hindurch die Lieblingsbeschäftigung seiner Mussestunden bildeten. Insbesondere hat ihn die Farbenlehre zu der bekannten umfangreichen Arbeit veranlasst. Die werthvollsten und bedeutendsten von GOETHE's Naturstudien sind aber diejenigen, welche sich auf die organischen Naturkörper, auf „das Lebendige, dieses herrliche, köstliche Ding" beziehen. Ganz besonders tiefe Forschungen stellte er hier im Gebiete der Formenlehre, der Morphologie an, in dem er (vorzüglich mit Hülfe der vergleichenden Anatomie) glänzende Resultate erzielte und weit seiner Zeit vorauseilte. Die Wirbeltheorie des Schädels, die Entdeckung des Zwischenkiefers beim Menschen, die Lehre von der Metamorphose der Pflanzen u. s. w. sind hier besonders hervorzuheben[16]). Diese morphologischen Studien führten nun GOETHE zu Untersuchungen über „Bildung und Umbildung organischer Naturen", die wir zu den ältesten und tiefsten Keimen der Stammesgeschichte rechnen müssen. Er kommt

dabei der Descendenz-Theorie so nahe, dass wir ihn mit LAMARCK zu den ältesten Begründern derselben zählen können. Allerdings hat GOETHE niemals eine zusammenhängende wissenschaftliche Darstellung seiner Entwickelungs-Theorie gegeben; aber wenn Sie seine ausserordentlich geistvollen und bedeutenden vermischten Aufsätze „zur Morphologie“ lesen, so finden Sie darin eine Menge der trefflichsten Ideen versteckt. Einige derselben sind geradezu als Anfänge der Abstammungslehre zu bezeichnen. Als Belege will ich hier nur ein paar der merkwürdigsten Sätze anführen: „Dies also hätten wir gewonnen, ungescheut behaupten zu dürfen, dass alle vollkommneren organischen Naturen, worunter wir Fische, Amphibien, Vögel, Säugethiere und an der Spitze der letzten den Menschen sehen, alle nach einem Urbilde geformt seien, das nur in seinen sehr beständigen Theilen mehr oder weniger hin- und herweicht, und sich noch täglich durch Fortpflanzung aus- und umbildet“ (1796). Das „Urbild“ der Wirbelthiere, nach dem auch der Mensch geformt ist, entspricht unserer „gemeinsamen Stammform des Vertebraten-Stammes“, aus welcher alle verschiedenen Arten der Wirbelthiere durch „tägliche Ausbildung, Umbildung und Fortpflanzung“ entstanden sind. An einer anderen Stelle sagt GOETHE (1807): „Wenn man Pflanzen und Thiere in ihrem unvollkommensten Zustande betrachtnt, so sind sie kaum zu unterscheiden. So viel aber können wir sagen, dass die aus einer kaum zu sondernden Verwandtschaft als Pflanzen und Thiere nach und nach hervortretenden Geschöpfe nach zwei entgegengesetzten Seiten sich vervollkommnen, so dass die Pflanze sich zuletzt im Baume dauernd und starr, das Thier im Menschen zur höchsten Beweglichkeit und Freiheit sich verherrlicht.“

Dass GOETHE in diesen und anderen Aussprüchen den inneren verwandtschaftlichen Zusammenhang der organischen Formen offenbar in genealogischem Sinne auffasst, geht noch deutlicher aus einzelnen merkwürdigen Stellen hervor, in denen er sich über die Ursachen der äusseren Arten-Mannichfaltigkeit einerseits, der inneren Einheit des Baues anderseits äussert. Er nimmt an, dass jeder Organismus durch das Zusammenwirken zweier entgegengesetzter Gestaltungskräfte oder Bildungstriebe entstanden ist: Der innere Bildungstrieb, die „Centripetalkraft“, der Typus oder der „Specificationstrieb sucht die organischen Species-Formen in der Reihe der Generationen beständig gleich zu erhalten: das ist die Vererbung. Der äussere

Bildungstrieb hingegen, die »Centrifugalkraft“, die Variation oder der „Metamorphosen-Trieb“ wirkt durch die beständige Veränderung der äusseren Existenz-Bedingungen fortwährend umbildend auf die Arten ein: das ist die Anpassung. Mit dieser bedeutungsvollen Anschauung trat Goethe bereits ganz nahe an die Erkenntniss der beiden grossen mechanischen Factoren heran, die wir als die wichtigsten bewirkenden Ursachen der Species-Bildung in Anspruch nehmen, der Vererbung und Anpassung. So sagt er z. B.: „Eine innere ursprüngliche Gemeinschaft (das ist die Vererbung) liegt aller Organisation zu Grunde; die Verschiedenheit der Gestalten dagegen entspringt aus den nothwendigen Beziehungsverhältnissen zur Aussenwelt, und man darf daher eine ursprüngliche, gleichzeitige Verschiedenheit und eine unaufhaltsam fortschreitende Umbildung (d. h. die Anpassung) mit Recht annehmen, um die eben so constanten als abweichenden Erscheinungen begreifen zu können.“ Aus diesen und zahlreichen ähnlichen Sätzen, die ich in meiner generellen Morphologie als Leitworte über die einzelnen Capitel gesetzt habe, geht klar hervor, wie tief Goethe den inneren genetischen Zusammenhang der mannichfaltigen organischen Formen erfasste. Er näherte sich damit schon gegen Ende des vorigen Jahrhunderts den Principien der natürlichen Stammesgeschichte so sehr, dass er als einer der ersten Vorläufer Darwin's aufgefasst werden kann, wenngleich er nicht dazu gelangte, die Descendenz-Theorie nach Art von Lamarck in ein wissenschaftliches System zu bringen.

Fünfter Vortrag.

Die neuere Stammesgeschichte.

Charles Darwin.

„Betrachtet man die embryologische Bildung des Menschen, die Homologien, welche er mit den niederen Thieren darbietet, die Rudimente, welche er behalten hat, und die Fälle von Rückschlag, denen er ausgesetzt ist, so können wir uns theilweise in unserer Phantasie den früheren Zustand unserer ehemaligen Urerzeuger construiren, und können dieselben annäherungsweise in der zoologischen Reihe an ihren gehörigen Platz bringen. Wir lernen daraus, dass der Mensch von einem behaarten Vierfüsser abstammt, welcher mit einem Schwanze und zugespitzten Ohren versehen, wahrscheinlich in seiner Lebensweise ein Baumthier und ein Bewohner der alten Welt war. Dieses Wesen würde, wenn sein ganzer Bau von einem Zoologen untersucht worden wäre, unter die Affen classificirt worden sein, so sicher, als es der gemeinsame und noch ältere Urerzeuger der Affen der alten und neuen Welt worden wäre.“

Charles Darwin (1871).

Inhalt des fünften Vortrages.

Verhältniss der neueren zur älteren Stammesgeschichte. Charles Darwin's Werk von der Entstehung der Arten. Ursachen seines ausserordentlichen Erfolges. Die Selections-Theorie oder Züchtungslehre: die Wechselwirkung der Vererbung und Anpassung im Kampfe um's Dasein. Darwin's Lebensverhältnisse. Seine Weltumsegelung. Sein Grossvater Erasmus. Sein Studium der Hausthiere und Culturpflanzen. Vergleich der künstlichen mit der natürlichen Züchtung. Der Kampf um's Dasein. Nothwendige Anwendung der Descendenz-Theorie auf den Menschen. Die „Abstammung des Menschen vom Affen." Thomas Huxley. Carl Vogt. Friedrich Rolle. Die Stammbäume in der generellen Morphologie und der natürlichen Schöpfungsgeschichte. Die genealogische Alternative. Die Abstammung des Menschen vom Affen als Deductions-Gesetz aus der Descendenz-Theorie abgeleitet. Die Descendenz-Theorie als grösstes biologisches Inductions-Gesetz. Grundlagen dieser Induction. Die Paläontologie. Die vergleichende Anatomie. Die Lehre von den rudimentären Organen (Unzweckmässigkeitslehre oder Dysteleologie). Stammbaum des natürlichen Systems. Chorologie. Oekologie. Ontogenie. Widerlegung des Species-Dogma. Der analytische Beweis für die Descendenz-Theorie in der Monographie der Kalkschwämme.

V.

Meine Herren!

In dem kurzen Zeitraume von fünfzehn Jahren, welcher seit dem Erscheinen des Buches von CHARLES DARWIN „Ueber den Ursprung der Arten im Thier- und Pflanzenreiche" verflossen ist, hat die Entwickelungsgeschichte solche Fortschritte gemacht, dass wir wohl in der ganzen Geschichte der Naturwissenschaften kaum einen ähnlichen weitgreifenden Fortschritt verzeichnen können, der durch die Veröffentlichung eines einzigen Buches hervorgebracht wurde. Die DARWIN-Literatur wächst von Tag zu Tage, und nicht allein im Gebiete der Zoologie und Botanik, im Gebiete der Fachwissenschaften, die zunächst durch die DARWIN'sche Theorie berührt und reformirt sind, sondern weit darüber hinaus in viel grösseren Kreisen wird dieselbe mit einem Eifer und Interesse behandelt, wie es noch bei keiner wissenschaftlichen Theorie der Fall gewesen ist. Dieser ausserordentliche Erfolg erklärt sich vorzüglich aus zwei verschiedenen Umständen. Erstens sind alle einzelnen Naturwissenschaften, und vor allen die Biologie, in dem letzten halben Jahrhundert ungemein rasch fortgeschritten, und haben für die natürliche Entwickelungs-Theorie eine Masse von empirischen Beweisgründen geliefert, die früher fehlten. Je weniger LAMARCK und die älteren Naturphilosophen mit ihrem ersten Versuche, die Entstehung der Organismen und des Menschen zu erklären, Anerkennung fanden, desto durchschlagender war das Resultat des zweiten Versuchs von DARWIN, der sich auf ganz andere Massen von sicher erkannten Thatsachen stützen konnte. Jene Fortschritte benutzend, konnte er mit ganz anderen wissenschaftlichen Beweismitteln operiren, als es LAMARCK und GEOFFROY, GOETHE und TREVIRANUS möglich gewesen war. Zweitens aber müssen wir hervorheben, dass DARWIN seinerseits das besondere Verdienst besitzt, die ganze Frage von einer

völlig neuen Seite in Angriff genommen und zur Erklärung der Abstammungslehre eine selbstständige Theorie ausgedacht zu haben, die wir im eigentlichen Sinne die DARWIN'sche Theorie oder den Darwinismus nennen.

Während LAMARCK die Umbildung der Organismen, welche von gemeinsamen Stammformen abstammen, grösstentheils durch die Wirkung der Gewohnheit, der Uebung der Organe, anderseits allerdings auch durch Zuhülfenahme der Vererbungs-Erscheinungen erklärte, entwickelte DARWIN selbstständig auf einer ganz neuen Basis die wahren Ursachen, welche eigentlich die Umbildung der verschiedenen Thier- und Pflanzen-Formen mit Hülfe der Anpassung und Vererbung mechanisch zu vollbringen im Stande sind. Zu dieser „Züchtungs-Lehre oder Selections-Theorie" gelangte DARWIN auf Grund folgender Betrachtung. Er verglich die Entstehung der mannichfaltigen Rassen von Thieren und Pflanzen, die der Mensch künstlich hervorzubringen im Stande ist, die Züchtungs-Verhältnisse der Gartenkunst und der Hausthierzucht mit der Entstehung der wilden Arten von Thieren und Pflanzen im natürlichen Zustande. Hierbei fand er, dass ähnliche Ursachen, wie wir sie bei der künstlichen Züchtung unserer Hausthiere und Cultur-Pflanzen zur Umbildung der Formen anwenden, auch in der freien Natur wirksam sind. Die wirksamste von allen dabei mitwirkenden Ursachen nannte er den „Kampf um's Dasein". Der Kern dieser eigentlichen DARWIN'schen Theorie besteht in folgendem einfachen Gedanken: der Kampf um's Dasein erzeugt planlos in der freien Natur in ähnlicher Weise neue Arten, wie der Wille des Menschen planvoll im Culturzustande neue Rassen züchtet. Ebenso wie der Gärtner und der Landwirth für seinen Vortheil und nach seinem Willen züchtet, indem er die Verhältnisse der Vererbung und Anpassung zur Umbildung der Formen zweckmässig benutzt, in ähnlicher Weise bildet der Kampf um's Dasein die Formen der Thiere und Pflanzen im wilden Zustande um. Dieser Kampf ums Dasein, oder die Mitbewerbung der Organismen um die nothwendigen Existenzbedingungen wirkt allerdings planlos, aber dennoch in ähnlicher Weise direct umbildend auf die Organismen. Indem unter seinem Einflusse die Verhältnisse der Vererbung und Anpassung in die innigste Wechselbeziehung treten, müssen nothwendig neue Formen oder Abänderungen entstehen, die für die Organismen selbst von

Vortheil, also zweckmässig sind, trotzdem kein vorbedachter Zweck ihre Entstehung veranlasste.

Dieser einfache Grundgedanke ist der eigentliche Kern des Darwinismus oder der „Selections-Theorie“. Darwin erfasste diesen Grundgedanken schon vor langer Zeit, hat aber über zwanzig Jahre hindurch mit bewunderungswürdigem Fleisse empirisches Material zu seiner festen Begründung gesammelt, ehe er seine Theorie veröffentlichte. Ueber den Weg, auf welchem er dazu gelangte, sowie über seine wichtigsten Schriften und seine Schicksale, habe ich in meiner Natürlichen Schöpfungsgeschichte (V. Auflage, S. 117—128) ausführlich berichtet[17]. Ich will daher hier nur ganz kurz einige der wichtigsten Verhältnisse derselben berühren. Charles Darwin ist am 12. Februar 1809 zu Shrewsbury in England geboren, woselbst sein Vater Robert praktischer Arzt war. Sein Grossvater, Erasmus Darwin, war ein denkender Naturforscher, der im Sinne der älteren Naturphilosophie arbeitete und gegen Ende des vorigen Jahrhunderts mehrere naturphilosophische Schriften veröffentlichte. Die bedeutendste von diesen ist die 1794 erschienene „Zoonomie“, in welcher er ähnliche Ansichten wie Goethe und Lamarck aussprach, ohne jedoch von den gleichen Bestrebungen dieser Zeitgenossen etwas zu wissen. Erasmus Darwin übertrug nach dem Gesetze der latenten Vererbung oder des „Atavismus“ bestimmte Molecular-Bewegungen in den Ganglienzellen seines grossen Gehirns erblich auf seinen Enkel Charles, ohne dass dieselben an seinem Sohne Robert zur Erscheinung kamen. Diese Thatsache ist für den merkwürdigen Atavismus, den Charles Darwin selbst so vortrefflich erörtert hat, von hohem Interesse. Uebrigens überwog in den Schriften des Grossvaters Erasmus die plastische Phantasie gar zu sehr den kritischen Verstand, während bei seinem Enkel Charles beide in richtigem Gleichgewichtsverhältnisse stehen. Da gegenwärtig viele Naturforscher von beschränktem Geiste die Phantasie in der Biologie für überflüssig halten und ihren eigenen Mangel daran für einen grossen und „exacten“ Vorzug ansehen, so will ich Sie bei dieser Gelegenheit auf einen treffenden Ausspruch eines geistvollen Naturforschers aufmerksam machen, der selbst eines der Häupter der sogenannten „exacten“ oder streng empirischen Richtung war. Johannes Müller, der deutsche Cuvier, dessen Arbeiten immer als Muster exacter Forschung gelten werden, erklärte die beständige

Wechselwirkung und das harmonische Gleichgewicht von Phantasie und Verstand für die unentbehrliche Vorbedingung der wichtigsten Entdeckungen. (Ich habe diesen Ausspruch als Leitwort vór den achtzehnten Vortrag gesetzt.)

Charles Darwin hatte das Glück, nach Vollendung seiner Universitäts-Studien im 22. Lebensjahre an einer zu wissenschaftlichen Zwecken veranstalteten Weltumsegelung Theil nehmen zu können, welche fünf Jahre dauerte und ihm die grossartigsten Naturanschauungen in Fülle gewährte. Schon als er im Beginn derselben zuerst den Boden von Süd-Amerika betrat, wurde er auf verschiedene Erscheinungen aufmerksam, die das grosse Problem seiner Lebensarbeit, die Frage nach der „Entstehung der Arten", in ihm anregten. Einestheils die lehrreichen Erscheinungen der geographischen Verbreitung der Arten, anderentheils die Beziehungen der lebenden zu den ausgestorbenen Species desselben Erdtheils führten ihn auf den Gedanken, dass nahe verwandte Arten von einer gemeinsamen Stammform abstammen möchten. Als er dann nach der Rückkehr von seiner fünfjährigen Weltreise sich Jahre lang auf das Eifrigste mit dem systematischen Studium der Hausthiere und Gartenpflanzen beschäftigte, erkannte er die offenbaren Analogien, welche sie in ihrer Bildung und Umbildung mit den wilden Arten im Naturzustande darbieten. Zu der Aufstellung des wichtigsten Punktes seiner Theorie, der natürlichen Züchtung durch den Kampf um's Dasein, gelangte er aber erst, nachdem er das berühmte Buch des National-Oekonomen Malthus „über die Bevölkerungs-Verhältnisse" gelesen hatte. Hierbei wurde ihm sofort die Analogie klar, welche die wechselnden Beziehungen der Bevölkerung und Uebervölkerung in den menschlichen Cultur-Staaten mit den socialen Verhältnissen der Thiere und Pflanzen im Naturzustande besitzen. Viele Jahre hindurch sammelte er nun Material, um massenhafte Beweismittel zur Stütze dieser Theorie zusammen zu bringen, und stellte selbst wichtige Züchtungs-Versuche in Menge an. Die stille Zurückgezogenheit, in der er seit der Rückkehr von der Weltreise auf seinem Landgute Down unweit Beckenham (einige Meilen von London entfernt) lebte, gewährte ihm dazu die reichlichste Musse.

Erst im Jahre 1858 entschloss sich Darwin, gedrängt durch die Arbeit eines anderen Naturforschers, Richard Wallace, der auf dieselbe Züchtungs-Theorie gekommen war, die Grundzüge seiner

Theorie zu veröffentlichen, und 1859 erschien dann sein Hauptwerk „über die Entstehung der Arten", in welchem dieselbe ausführlich erörtert und mit den gewichtigsten Beweismitteln begründet ist. Da ich in meiner „Generellen Morphologie" und „Natürlichen Schöpfungsgeschichte" meine Auffassung derselben bereits ausführlich erörtert habe, will ich hier nicht länger dabei verweilen, und nur nochmals mit ein paar Worten den Kern der DARWIN'schen Theorie, auf dessen richtiges Verständniss Alles ankömmt, hervorheben. Dieser Kern enthält den einfachen Grundgedanken: Der Kampf um's Dasein bildet im Naturzustande die Organismen um, und erzeugt neue Arten mit Hülfe derselben Mittel, durch welche der Mensch neue Rassen von Thieren und Pflanzen im Culturzustande hervorbringt. Diese Mittel bestehen in einer fortgetsetzten Auslese oder Selection der zur Fortpflanzung gelangenden Individuen, wobei Vererbung und Anpassung in ihrer gegenseitigen Wechselbeziehung als umbildende Ursachen wirksam sind.

Die Wirkung von DARWIN's Hauptwerk „über die Entstehung der Arten im Thier- und Pflanzenreich durch natürliche Züchtung" war ausserordentlich bedeutend, wenn auch zunächst nicht innerhalb der Fachwissenschaft. Es vergingen einige Jahre, ehe die Botaniker und Zoologen sich von dem Erstaunen erholt hatten, in welches sie durch die neue Naturanschauung dieses grossen reformatorischen Werkes versetzt waren. Die Wirkung des Buches auf die Specialwissenschaften, mit denen wir Zoologen und Botaniker uns beschäftigen, ist eigentlich erst in den letzten Jahren mehr hervorgetreten, seitdem man begonnen hat, die Descendenz-Theorie auf das Gebiet der Anatomie, der Ontogenie, der zoologischen und botanischen Systematik anzuwenden. Theilweise ist dadurch bereits ein ausserordentlicher Fortschritt und eine mächtige Umwälzung in den herrschenden Ansichten herbeigeführt worden.

Nun war aber in dem ersten DARWIN'schen Werke von 1859 derjenige Punkt, welcher uns hier zunächst interessirt, die Anwendung der Abstammungslehre auf den Menschen, noch gar nicht berührt worden. Man hat sogar viele Jahre hindurch an der Behauptung festgehalten, dass DARWIN nicht daran denke, seine Theorie auf den Menschen anwenden zu wollen, und dass er vielmehr die herrschende Ansicht theile, wonach dem Menschen eine ganz besondere Stellung in der Schöpfung nothwendig vorbehalten werden

müsse. Nicht allein unwissende Laien (insbesondere viele Theologen), sondern auch gelehrte Naturforscher behaupteten mit der grössten Naivetät, dass zwar die DARWIN'sche Theorie an sich gar nicht anzufechten, vielmehr völlig richtig sei, dass man mittelst derselben die Entstehung der verschiedenen Thier- und Pflanzenarten sehr gut zu erklären im Stande sei, dass aber die Theorie durchaus nicht auf den Menschen angewendet werden könne.

Inzwischen wurde aber doch von einer grossen Anzahl denkender Leute, von Naturforschern sowohl als von Laien, die entgegengesetzte Ansicht ausgesprochen, dass aus der von DARWIN reformirten Descendenz-Theorie mit logischer Nothwendigkeit auch die Abstammung des Menschen von anderen thierischen Organismen, und zwar zunächst von affenähnlichen Säugethieren, gefolgert werden müsse. Diese Berechtigung dieses Folgeschlusses wurde sogar schon sehr frühzeitig von denkenden Gegnern der Lehre anerkannt, die eben deshalb, weil sie diese Consequenz als unausbleiblich ansahen, die ganze Theorie verwerfen zu müssen glaubten. Die erste wissenschaftliche Anwendung der Theorie auf den Menschen geschah aber durch den berühmten Naturforscher THOMAS HUXLEY, welcher gegenwärtig unter den Zoologen Englands die erste Stelle einnimmt [18]. Dieser geistvolle und kenntnissreiche Forscher, dem die zoologische Wissenschaft viele werthvolle Fortschritte verdankt, veröffentlichte im Jahre 1863 eine kleine Schrift: „Zeugnisse für die Stellung des Menschen in der Natur. Drei Abhandlungen: 1) Ueber die Naturgeschichte der menschenähnlichen Affen; 2) Ueber die Beziehungen des Menschen zu den nächstniederen Thieren; 3) Ueber einige fossile menschliche Ueberreste." In diesen drei ausserordentlich wichtigen und interessanten Abhandlungen ist mit völliger Klarheit nachgewiesen, dass aus der Descendenz-Theorie nothwendig die vielbestrittene „Abstammung des Menschen vom Affen" folgt. Wenn die Abstammungslehre überhaupt richtig ist, bleibt nichts übrig, als die menschenähnlichsten Affen als diejenigen Thiere anzusehen, aus welchen zunächst sich das Menschengeschlecht entwickelt hat.

Fast gleichzeitig erschien eine grössere Schrift über denselben Gegenstand: „Vorlesungen über den Menschen, seine Stellung in der Schöpfung und in der Geschichte der Erde" von CARL VOGT, einem unserer scharfsinnigsten Zoologen, der durch seine zahlreichen und vortrefflichen früheren Arbeiten im Gebiete der systematischen

Zoologie, der vergleichenden Anatomie und Physiologie, der Paläontologie u. s. w., sowie durch sein klares monistisches Verständniss des organischen Lebens vorzugsweise befähigt war, die Bedeutung der Descendenz-Theorie zu erkennen und ihre Anwendung auf den Menschen zu versuchen. Ein gleicher Versuch wurde 1866 von FRIEDRICH ROLLE in seiner Schrift über „den Menschen, seine Abstammung und Gesittung im Lichte der DARWIN'schen Lehre" ausgeführt.

Gleichzeitig habe ich selbst (im zweiten Bande meiner 1866 erschienenen „Generellen Morphologie der Organismen") den ersten Versuch gemacht, die Entwickelungs-Theorie auf die gesammte Systematik der Organismen mit Inbegriff des Menschen anzuwenden. Ich habe dort die hypothetischen Stammbäume der einzelnen Klassen des Thierreiches, des Protistenreiches und des Pflanzenreiches so zu entwerfen versucht, wie es nach der DARWIN'schen Theorie nicht allein im Princip nothwendig, sondern auch wirklich bis zu einem gewissen Grade der Wahrscheinlichkeit jetzt schon möglich ist. Denn wenn überhaupt die Abstammungslehre richtig ist, wie sie LAMARCK zuerst bestimmt formulirt und DARWIN später fest begründet hat, so muss man auch im Stande sein, das natürliche System der Thiere und Pflanzen genealogisch zu deuten, und die kleineren und grösseren Abtheilungen, welche man im System unterscheidet, als Zweige und Aeste eines Stammbaumes hinzustellen. Die acht genealogischen Tafeln, welche ich dem zweiten Bande der generellen Morphologie angehängt habe, sind die ersten derartigen Entwürfe. In dem 27sten Kapitel derselben sind zugleich die wichtigsten Stufen in der Ahnenreihe des Menschen aufgeführt, soweit sie sich durch den Wirbelthier-Stamm hindurch verfolgen lässt. Insbesondere habe ich daselbst die systematische Stellung des Menschen in der Klasse der Säugethiere, und die genealogische Bedeutung derselben festzustellen versucht, soweit dies gegenwärtig möglich erscheint. Diesen Versuch habe ich sodann wesentlich verbessert und in populärer Darstellung weiter ausgeführt in meiner „Natürlichen Schöpfungsgeschichte" (1868, fünfte verbesserte Auflage 1874)[19]).

Endlich ist vor drei Jahren CHARLES DARWIN selbst mit einem höchst interessanten Werke hervorgetreten, welches die vielbestrittene Anwendung seiner Theorie auf den Menschen enthält und somit die Krönung seines grossartigen Lehrgebäudes vollzieht. In diesem Werke, betitelt „Die Abstammung des Menschen und die geschlecht-

liche Zuchtwahl"[20]), hat DARWIN den früher absichtlich verschwiegenen Folgeschluss, dass auch der Mensch sich aus niederen Thieren entwickelt haben muss, mit der grössten Offenheit und der schärfsten Logik gezogen, und hat insbesondere die höchst wichtige Rolle auf das Geistvollste erörtert, welche sowohl bei der fortschreitenden Veredelung des Menschen wie aller anderen höheren Thiere die geschlechtliche Züchtung oder sexuelle Selection spielt. Die Grundzüge des menschlichen Stammbaumes, wie ich sie in der Generellen Morphologie und in der Natürlichen Schöpfungsgeschichte aufgestellt habe, hat DARWIN im Wesentlichen gebilligt und ausdrücklich hervorgehoben, dass ihn seine Erfahrungen zu denselben Schlüssen geführt haben. Dass er selbst nicht gleich in seinem ersten Werke die Anwendung der Descendenz-Theorie auf den Menschen machte, war sehr weise und kann nur gebilligt werden; denn diese Consequenz war nur geeignet, die grössten Vorurtheile gegen die ganze Theorie aufzuregen. Zunächst musste es nur darauf ankommen, der Abstammungslehre in Bezug auf die Thier- und Pflanzenarten Geltung zu verschaffen. Ihre Anwendung auf den Menschen musste dann selbstverständlich früher oder später von selbst nachkommen.

Die richtige Auffassung dieses Verhältnisses ist von der grössten Bedeutung. Wenn überhaupt alle Organismen von einer gemeinsamen Wurzel abstammen, dann ist auch der Mensch in dieser gemeinsamen Descendenz mit inbegriffen. Wenn hingegen alle einzelnen Arten oder Organismen-Species für sich erschaffen worden sind, dann ist auch der Mensch ebenso „erschaffen, nicht entwickelt". Zwischen diesen beiden entgegengesetzten Annahmen haben wir in der That zu wählen, und diese entscheidende Alternative kann nicht oft und nicht scharf genug in den Vordergrund gestellt werden: Entweder sind überhaupt alle verschiedenen Arten des Thier- und Pflanzenreiches übernatürlichen Ursprungs, erschaffen, nicht entwickelt; und dann ist auch der Mensch ein Product eines übernatürlichen Schöpfungsactes, wie alle die verschiedenen religiösen Glaubensvorstellungen es auch annehmen. Oder aber, es haben sich die verschiedenen Arten und Klassen des Thier- und Pflanzenreiches aus wenigen gemeinsamen einfachsten Stammformen entwickelt, und dann ist auch der Mensch selbst eine letzte Entwickelungsfrucht des thierischen Stammbaumes.

Man kann dieses Verhältniss kurz in dem Satze zusammenfassen: Die Abstammung des Menschen von niederen Thieren ist

ein besonderes Deductionsgesetz, welches mit Nothwendigkeit aus dem allgemeinen Inductionsgesetze der gesammten Abstammungslehre folgt. In diesem Satze lässt sich das Verhältniss am klarsten und einfachsten formuliren. Die Abstammungslehre ist im Grunde weiter Nichts als ein grosses Inductionsgesetz, auf welches wir durch die vergleichende Zusammenstellung der wichtigsten morphologischen und physiologischen Erfahrungsgetze hingeführt werden. Nun müssen wir überall da nach den Gesetzen der Induction schliessen, wo wir nicht im Stande sind, die Naturwahrheit auf dem untrüglichen Wege directer Messung oder mathematischer Berechnung unmittelbar festzustellen. Bei der Erforschung der belebten Natur vermögen wir fast niemals ganz unmittelbar die Bedeutung der Erscheinungen vollständig zu erkennen und auf dem exacten Wege der Mathematik zu bestimmen, wie das bei der viel einfacheren Erforschung der anorganischen Naturkörper der Fall ist: in der Chemie und Physik, in der Mineralogie und der Astronomie. Besonders in der letzteren können wir immer den einfachsten und absolut sicheren Erkenntnisspfad der mathematischen Berechnung benutzen. Allein in der Biologie ist dies aus vielen Gründen ganz unmöglich, und zwar zunächst deshalb, weil hier die Erscheinungen höchst verwickelt und viel zu zusammengesetzt sind, als dass sie unmittelbar eine mathematische Analyse erlaubten. Wir sind daher hier gezwungen inductiv vorzugehen, das heisst aus der Masse einzelner Beobachtungen allgemeine Schlüsse von annähernder Richtigkeit Stufe für Stufe zu erobern. Diese Inductionsschlüsse können zwar nicht absolute Sicherheit, wie die Sätze der Mathematik, beanspruchen; sie nähern sich aber mit um so grösserer Wahrscheinlichkeit der Wahrheit, je ausgedehnter die Erfahrungsgebiete sind, auf die wir uns dabei stützen. An der Bedeutung dieser Inductionsgesetze ändert der Umstand Nichts, dass dieselben nur als vorläufige wissenschaftliche Errungenschaften betrachtet und durch weitere Fortschritte der Erkenntniss möglicherweise verbessert oder vervollkommnet werden können. Die ganze wissenschaftliche Formenkunde oder Morphologie (sowohl der morphologische Theil der Zoologie und Anthropologie als der Botanik) beruht eigentlich auf solchen Inductionsgesetzen.

Wenn wir nun die Abstammungslehre im Sinne von Lamarck und Darwin als ein Inductionsgesetz und zwar als das grösste von

allen biologischen Inductionsgesetzen bezeichnen, so stützen wir uns dabei in erster Linie auf die Thatsachen der Paläontologie, auf die Erscheinungen des Artenwechsels, wie sie durch die Versteinerungskunde bewiesen werden. Aus den Verhältnissen, unter denen wir diese Versteinerungen oder Petrefacten in den geschichteten Gesteinen unserer Erdrinde begraben finden, ziehen wir zunächst den sicheren Schluss, dass sich die organische Bevölkerung der Erde ebenso wie die Erdrinde selbst langsam und allmählich entwickelt hat, und dass Reihen von verschiedenen Bevölkerungen nach einander in den verschiedenen Perioden der Erdgeschichte aufgetreten sind. Die „Geologie der Gegenwart“ zeigt uns, dass die Entwickelung der Erde allmählich und ohne gewaltsame totale Umwälzungen stattgefunden hat. Wenn wir nun die verschiedenen Thier- und Pflanzenschöpfungen, welche im Laufe der Erdgeschichte nach einander aufgetreten sind, mit einander vergleichen, so finden wir erstens eine beständige und allmähliche Zunahme der Artenzahl von der ältesten bis zur neuesten Zeit; und zweitens nehmen wir wahr, dass die Vollkommenheit der Formen innerhalb jeder grösseren Gruppe des Thierreiches und des Pflanzenreiches ebenfalls beständig zunimmt. So existirten z. B. von den Wirbelthieren zuerst nur niedere Fische, dann höhere Fische; später kommen die Amphibien; noch später erst erscheinen die drei höheren Wirbelthierklassen, die Reptilien, darauf die Vögel und die Säugethiere; von den Säugethieren zeigen sich zuerst nur die unvollkommensten und niedersten Formen; erst sehr spät kommen auch die höheren placentalen Säugethiere zum Vorschein, und so fort. Es zeigt sich also, dass die Vollkommenheit der Formen ebenso wie ihre Mannichfaltigkeit von der ältesten Zeit bis zur Gegenwart immer zunimmt. Das ist eine Thatsache von grosser Bedeutung, die nur durch die Abstammungslehre sich erklären lässt und sich in vollkommener Harmonie mit derselben befindet. Wenn wirklich die verschiedenen Thier- und Pflanzengruppen von einander abstammen, dann muss nothwendig eine solche Zunahme an Zahl und Vollkommenheit stattgefunden haben, wie sie uns thatsächlich die Reihen der Versteinerungen vor Augen führen.

Eine zweite Erscheinungsreihe, welche für unser Inductionsgesetz von der grössten Bedeutung ist, liefert die vergleichende Anatomie. Das ist derjenige Theil der Morphologie oder Formenlehre, welcher die entwickelten Formen der Organismen vergleicht und in

der bunten Mannichfaltigkeit der organischen Gestalten das einheitliche Organisationsgesetz, oder wie man früher sagte, den „gemeinsamen Bauplan“ zu erkennen sucht. Seit CUVIER im Anfange unseres Jahrhunderts diese Wissenschaft begründet hat, ist sie ein Lieblingsstudium der hervorragendsten Naturforscher geblieben. Schon vor ihm war GOETHE durch den geheimnissvollen Reiz derselben auf das Mächtigste angezogen und in seine Studien „zur Morphologie“ hineingeführt worden. Insbesondere die vergleichende Osteologie, die philosophische Betrachtung und Vergleichung des Knochengerüstes der Wirbelthiere (in der That einer der interessantesten Theile) fesselte ihn mächtig und führte ihn zu seiner schon erwähnten Schädeltheorie. Die vergleichende Anatomie lehrt uns, dass der innere Bau der zu jedem Stamme gehörigen Thierarten und ebenso auch der Pflanzenformen jeder Klasse in allen wesentlichen Grundzügen die grösste Uebereinstimmung besitzt, wenn auch die äusseren Körperformen sehr verschieden sind. So zeigt der Mensch in allen wesentlichen Beziehungen seiner inneren Organisation solche Uebereinstimmung mit den übrigen Säugethieren, dass niemals ein vergleichender Anatom über seine Zugehörigkeit zu dieser Klasse in Zweifel gewesen ist. Der ganze innere Aufbau des menschlichen Körpers, die Zusammensetzung seiner verschiedenen Organsysteme, die Anordnung der Knochen, Muskeln, Blutgefässe u. s. w., die gröbere und feinere Structur aller dieser Organe stimmt mit derjenigen aller übrigen Säugethiere (z. B. Affen, Nagethiere, Hufthiere, Walfische, Beutelthiere u. s. w.) so sehr überein, dass dagegen die völlige Unähnlichkeit der äusseren Gestalt gar nicht in's Gewicht fällt. Weiterhin erfahren wir durch die vergleichende Anatomie, das die Grundzüge der thierischen Organisation sogar in den verschiedenen Klassen (im Ganzen 30—40 an der Zahl) so sehr übereinstimmen, dass füglich alle in 6—8 verschiedene Hauptgruppen gebracht werden können. Aber selbst in diesen wenigen Hauptgruppen, den Stämmen oder Typen des Thierreiches, sind noch gewisse Organe, vor allen der Darmcanal. als ursprünglich gleichbedeutend nachzuweisen. Wenn nun bei allen diesen verschiedenen Thieren, trotz der grössten Unähnlichkeit im Aeusseren, sich dennoch eine so wesentliche Uebereinstimmung im Innern findet, so können wir diese Thatsache nur mit Hülfe der Abstammungslehre erklären. Nur wenn wir die innere Uebereinstimmung als Wirkung der Vererbung von gemeinsamen Stammformen be-

trachten, die äussere Unähnlichkeit als Wirkung der Anpassung an verschiedene Lebensbedingungen, lässt sich jene wunderbare Thatsache begreifen. Durch diese Erkenntniss ist die vergleichende Anatomie selbst auf eine höhere Stufe erhoben worden, und mit vollem Rechte konnte GEGENBAUR[21]), der bedeutendste unter den jetzt lebenden Vertretern dieser Wissenschaft, sagen, dass mit der Descendenz-Theorie eine neue Periode in der vergleichenden Anatomie beginne, und dass die erstere an der letzteren zugleich einen Prüfstein finde. „Bisher besteht keine vergleichend-anatomische Erfahrung, welche der Descendenz-Theorie widerspräche; vielmehr führen uns alle darauf hin. So wird jene Theorie das von der Wissenschaft zurückempfangen, was sie ihrer Methode gegeben hat: Klarheit und Sicherheit." Früher hatte man sich immer nur über die erstaunliche Uebereinstimmung der Organismen im inneren Bau gewundert, ohne sie erklären zu können. Jetzt hingegen sind wir im Stande, die Ursachen dieser Thatsache zu erkennen, und nachzuweisen, dass diese wunderbare Uebereinstimmung einfach die nothwendige Folge der Vererbung von gemeinsamen Stammformen, die auffallende Verschiedenheit der äusseren Formen aber die nothwendige Folge der Anpassung an die äusseren Existenz-Bedingungen ist.

Ein besonderer Theil der vergleichenden Anatomie ist aber in dieser Beziehung von ganz hervorragendem Interesse und zugleich von der weitgreifendsten philosophischen Bedeutung. Das ist die Lehre von den rudimentären Organen, welche wir mit Rücksicht auf ihre philosophischen Consequenzen geradezu die Unzweckmässigkeitslehre oder Dysteologie nennen können. Fast jeder Organismus (mit Ausnahme der niedrigsten und unvollkommensten), namentlich aber jeder hochentwickelte Thier- und Pflanzen-Körper, und ebenso auch der Mensch, besitzt einzelne oder viele Körpertheile, welche für den Organismus selbst unnütz, für seine Lebenszwecke gleichgültig, für seine Functionen werthlos sind. So besitzen wir noch alle in unserem Körper verschiedene Muskeln, die wir niemals gebrauchen; z. B. Muskeln in der Ohrmuschel und in der nächsten Umgebung derselben. Bei den meisten, namentlich den spitzohrigen Säugethieren sind diese inneren und äusseren Ohrmuskeln von grossem Nutzen, weil sie die Form und Stellung der Ohrmuschel vielfach verändern, um die Schallwellen möglichst gut aufzufangen. Bei uns hingegen und bei anderen stumpfohrigen Säuge-

thieren sind dieselben Muskeln zwar noch vorhanden, aber von gar keinem Nutzen mehr. Da unsere Vorfahren sich schon längst ihren Gebrauch abgewöhnt haben, können wir sie nicht mehr in Bewegung setzen. Ferner besitzen wir noch im inneren Winkel unseres Auges eine kleine halbmondförmige Hautfalte; diese ist der letzte Rest eines dritten inneren Augenliedes, der sogenannten Nickhaut. Bei unseren uralten Verwandten, den Haifischen, und bei vielen anderen Wirbelthieren ist diese Nickhaut sehr entwickelt und für das Auge von grossem Nutzen; bei uns ist sie verkümmert und völlig nutzlos. Wir besitzen am Darmcanal einen Anhang, der nicht nur ganz nutzlos ist, sondern sogar sehr schädlich werden kann, den sogenannten Wurmfortsatz des Blinddarms. Dieser kleine Darmanhang wird nicht selten Ursache einer tödtlichen Krankheit. Wenn bei der Verdauung durch einen unglücklichen Zufall ein Kirschkern oder ein ähnlicher harter Körper in seine enge Höhlung gepresst wird, so tritt eine heftige Entzündung ein, die meistens tödtlich verläuft. Dieser Wurmfortsatz besitzt für unseren Organismus absolut gar keinen Nutzen mehr; er ist das letzte gefährliche Ueberbleibsel eines Organes, welches bei unseren pflanzenfressenden Vorfahren viel grösser und für die Verdauung von grossem Nutzen war; wie dasselbe auch noch jetzt bei vielen Pflanzenfressern, z. B. bei Affen und Nagethieren, umfangreich und von grosser physiologischer Bedeutung ist.

Aehnliche rudimentäre Organe finden sich bei uns, wie bei allen höheren Thieren, an den verschiedensten Körpertheilen. Sie gehören zu den interessantesten Erscheinungen, mit welchen uns die vergleichende Anatomie bekannt macht; erstens weil sie die einleuchtendsten Beweise für die Descendenz-Theorie liefern, und zweitens, weil sie auf das Schlagendste die herkömmliche teleologische Schul-Philosophie widerlegen. Mit Hülfe der Abstammungslehre ist die Erklärung dieser merkwürdigen Erscheinungen sehr einfach; wir müssen sie als Theile betrachten, welche im Laufe vieler Generationen allmählich ausser Gebrauch gekommen, ausser Dienst getreten sind; mit dem abnehmenden Gebrauche und dem schliesslichen Verluste der Function verfällt aber auch das Organ selbst Schritt für Schritt einer Rückbildung und verschwindet schliesslich ganz. Auf andere Weise ist die Existenz der rudimentären Organe überhaupt nicht zu erklären. Deshalb sind sie auch für die Philosophie von der grössten Bedeutung; sie beweisen klar, dass die mechanische oder mo-

nistische Auffassung der Organismen allein richtig, und dass die herrschende teleologische oder dualistische Beurtheilung derselben völlig falsch ist. Die uralte Fabel von dem hochweisen Plane, wonach „des Schöpfers Hand mit Weisheit und Verstand alle Dinge geordnet hat“, die leere Phrase von dem zweckmässigen „Bauplane“ der Organismen, wird dadurch in der That gründlich widerlegt. Es können wohl kaum stärkere Gründe gegen die herkömmliche Teleologie oder Zweckmässigkeitslehre aufgebracht werden, als die Thatsache, dass alle höher entwickelten Organismen solche rudimentären Organe besitzen.

Die breiteste inductive Grundlage erhält die Descendenz-Theorie durch das natürliche System der Organismen, welches alle die verschiedenen Formen stufenweise in kleinere oder grössere Gruppen nach dem Grade ihrer Formverwandtschaft ordnet. Diese Gruppenstufen oder Kategorien des Systems, die Varietäten, Species, Genera, Familien, Ordnungen, Klassen u. s. w. zeigen nun unter sich stets solche Verhältnisse der Nebenordnung und Unterordnung, stets solche Beziehungen der Coordination und Subordination, dass man dieselben nur genealogisch deuten und bildlich das ganze System nun unter der Form eines vielverzweigten Baumes darstellen kann. Dieser Baum ist der Stammbaum der verwandten Formgruppen, und ihre Formverwandtschaft ist die wahre Blutsverwandtschaft. Da eine andere Erklärung für die natürliche Baumform des Systems gar nicht gegeben werden kann, so dürfen wir sie unmittelbar als einen gewichtigen Beweis für die Wahrheit der Abstammungslehre betrachten.

Zu den wichtigsten Erscheinungen, welche für das Inductions-Gesetz der Descendenz-Theorie Zeugniss ablegen, gehört die geographische Verbreitung der Thier- und Pflanzenarten über die Erdoberfläche, sowie die topographische Verbreitung derselben auf den Höhen der Gebirge und in den Tiefen des Oceans. Die wissenschaftliche Erkenntniss dieser Verhältnisse, die „Verbreitungslehre“ oder Chorologie ist nach Alexander Humboldt's Vorgange neuerdings mit lebhaftem Interesse in Angriff genommen worden. Jedoch beschränkte man sich bis auf Darwin lediglich auf die Betrachtung der chorologischen Thatsachen, und suchte vor Allem die Verbreitungs-Bezirke der jetzt lebenden grösseren und kleineren Organismen-Gruppen festzustellen. Allein die Ursachen dieser merkwürdigen Ver-

breitungs-Verhältnisse, die Gründe, warum die einen Gruppen nur dort, die anderen nur hier existiren, und warum überhaupt eine so mannichfaltige Vertheilung der verschiedenen Thier- und Pflanzen-Arten stattfindet, Alles das war man nicht zu erklären im Stande. Auch hier liefert uns erst die Abstammungslehre den Schlüssel des Verständnisses; sie allein führt uns auf den richtigen Weg der Erklärung, indem sie uns zeigt, dass die verschiedenen Arten und Arten-Gruppen von gemeinsamen Stammarten abstammen, deren vielverzweigte Nachkommenschaft sich durch Wanderung oder Migration allmählich über alle Theile der Erde zerstreute. Für jede Arten-Gruppe aber muss ein sogenannter „Schöpfungsmittelpunkt", d. h. eine gemeinsame Urheimath angenommen werden; das ist die Ursprungsstätte, auf der sich die gemeinsame Stamm-Art der Arten-Gruppe zuerst entwickelte, und von der aus sich ihre nächste Nachkommenschaft nach verschiedenen Richtungen verbreitete. Einzelne von diesen ausgewanderten Arten wurden wieder Stammformen für neue Arten-Gruppen, die sich abermals durch active und passive Wanderung zerstreuten, und so fort. Indem sich jede ausgewanderte Form in der neuen Heimath neuen Existenz-Bedingungen anpassen musste, wurde sie umgebildet und gab neuen Formenreihen den Ursprung. Diese höchst wichtige Lehre von den activen und passiven Wanderungen hat zuerst DARWIN mit Hülfe der Descendenz-Theorie begründet und dabei namentlich die Bedeutung der wichtigen chorologischen Beziehungen zwischen der lebenden Bevölkerung jedes Erdtheils und den fossilen Vorfahren und Verwandten derselben richtig hervorgehoben. In vorzüglicher Weise hat dieselbe sodann MORITZ WAGNER unter der Bezeichnung Migrations-Theorie weiter ausgebildet. Jedoch hat dieser berühmte Reisende die Bedeutung seiner „Migrations-Theorie" nach unserer Ansicht insoweit überschätzt. als er sie für eine nothwendige Bedingung der Entstehung neuer Arten erklärt, dagegen die Selections-Theorie nicht für richtig hält. Nun stehen aber diese beiden Theorien keineswegs in einem Gegensatz zu einander. Vielmehr ist die Migration, durch welche die Stammform einer neuen Art isolirt wird, nur ein besonderer Fall der Selection. Da die grossartigen und interessanten chorologischen Erscheinungsreihen sich einzig und allein durch die Descendenz-Theorie erklären lassen, so müssen wir sie zu den wichtigsten inductiven Grundlagen derselben rechnen.

Ganz dasselbe gilt von allen den merkwürdigen Erscheinungen, welche wir im „Natur-Haushalte“, in der Oeconomie der Organismen wahrnehmen. Alle die mannichfaltigen Beziehungen der Thiere und Pflanzen zu einander und zur Aussenwelt, mit denen sich die Oekologie der Organismen beschäftigt, namentlich aber die interessanten Erscheinungen des Parasitismus, des Familienlebens, der Brutpflege, des Socialismus u. s. w., sie alle sind einfach und natürlich nur durch die Lehre von der Anpassung und Vererbung zu erklären. Während man früher gerade in diesen Erscheinungen vorzugsweise die liebevollen Einrichtungen eines allweisen und allgütigen Schöpfers zu bewundern pflegte, finden wir jetzt umgekehrt in ihnen vortreffliche Stützen für die Abstammungslehre, ohne welche sie überhaupt nicht zu begreifen sind.

Endlich ist als die wichtigste inductive Grundlage der Descendenz-Theorie die individuelle Entwickelungsgeschichte aller Organismen, die gesammte Ontogenie, zu bezeichnen. Da aber unsere weiteren Vorträge diesen Gegenstand ganz speziell zu behandeln haben, brauche ich hier Nichts weiter darüber zu sagen. Ich werde mich vielmehr bemühen, Ihnen Schritt für Schritt in den folgenden Vorträgen zu zeigen, wie die gesammten Erscheinungen der Ontogenie eine zusammenhängende Beweiskette für die Wahrheit der Abstammungslehre bilden und nur durch die Phylogenie erklärbar sind. Indem wir diesen engen Causal-Nexus zwischen Ontogenese und Phylogenese benutzen und uns beständig auf unser biogenetisches Grundgesetz stützen, werden wir im Stande sein, die Abstammung des Menschen von niederen Thieren aus den Thatsachen der Ontogenie Stufe für Stufe nachzuweisen.

Schliesslich ist noch anzuführen, dass in neuester Zeit die wichtige theoretische Frage von dem Wesen und dem Begriffe der Art oder Species, die den eigentlichen Angelpunkt aller Streitigkeiten über die Descendenz-Theorie bildet, definitiv erledigt worden ist. Seit mehr als einem Jahrhundert ist diese Frage von den verschiedensten Gesichtspunkten erörtert worden, ohne dass irgend ein befriedigendes Resultat erreicht wurde. Tausende von Zoologen und Botanikern haben sich während dieses Zeitraums tagtäglich mit der systematischen Unterscheidung und Beschreibung der Species beschäftigt, ohne sich über die Bedeutung derselben klar zu werden. Viele Hunderttausende von Thierarten und Pflanzenarten sind als „gute

Arten" aufgestellt und benannt worden, ohne dass ihre Gründer die Berechtigung dazu nachweisen und die logische Begründung ihrer Unterscheidung geben konnten. Endlose Streitigkeiten über die leere Frage, ob die als Species unterschiedene Form eine „gute oder schlechte Art", eine „Species oder Varietät", eine „Subspecies oder Rasse" sei, sind zwischen den „reinen Systematikern" geführt worden, ohne dass dieselben sich nach Inhalt und Umfang dieser Begriffe gefragt hätten. Hätte man sich ernstlich bemüht, über die letzteren klar zu werden, so würde man schon längst eingesehen haben, dass sie gar keine absolute Bedeutung besitzen, sondern nur Gruppenstufen oder Kategorien des Systems von relativer Bedeutung sind.

Allerdings hat im Jahre 1857 ein berühmter und geistreicher, aber sehr unzuverlässiger und dogmatischer Naturforscher, Louis Agassiz, den Versuch gemacht, jenen Kategorien eine absolute Bedeutung beizulegen. Es geschah dies in dem „Essay on classification", in welchem die Erscheinungen der organischen Natur auf den Kopf gestellt, und statt aus natürlichen Ursachen erklärt, vielmehr durch das siebenkantige Prisma theologischer Träumerei betrachtet werden. Jede „gute Art oder *bona species*" ist hiernach ein „verkörperter Schöpfungsgedanke Gottes". Allein diese schöne Phrase hält vor der naturphilosophischen Kritik eben so wenig Stand, wie alle anderen Versuche, den absoluten Species-Begriff zu retten. Ich glaube dies genügend in der ausführlichen Kritik des morphologischen und physiologischen Species-Begriffes und der Kategorien des Systemes bewiesen zu haben, welche ich 1866 in der „Generellen Morphologie" gegeben habe (Band II, S. 323—402).

Das Dogma von der Species-Constanz ist zertört, und die entgegengesetzte Behauptung, dass alle verschiedenen Species von gemeinsamen Stammformen abstammen, stösst auf keine ernstlichen Schwierigkeiten mehr. Alle die weitschweifigen Untersuchungen über das, was die Art eigentlich ist, und wie es möglich ist, dass verschiedene Arten von einer Stammart abstammen, sind gegenwärtig dadurch zu einem völlig befriedigenden Abschluss gediehen, dass die scharfen Grenzen zwischen Species und Varietät einerseits, zwischen Species und Genus anderseits völlig aufgehoben sind. Den analytischen Beweis dafür habe ich in meiner 1872 erschienenen Monographie der Kalkschwämme[22]) geliefert, indem ich in dieser kleinen, aber höchst lehrreichen Thiergruppe die Varia-

bilität aller Species auf das Genaueste untersucht und die Unmöglichkeit dogmatischer Species-Unterscheidung im Einzelnen dargethan habe. Je nachdem der Systematiker hier die Begriffe von Genus, Species und Varietät weiter oder enger fasst, kann er in der kleinen Gruppe der Kalkschwämme nur ein einziges Genus mit drei Species, oder 3 Gattungen mit 21 Arten, oder 21 Genera mit 111 Species, oder 39 Gattungen mit 289 Arten, oder gar 113 Genera mit 591 Species unterscheiden. Ausserdem sind aber alle diese mannichfaltigen Formen durch zahlreiche Zwischenstufen und Uebergangsformen so zusammenhängend verbunden, dass man die gemeinsame Abstammung aller Calcispongien von einer einzigen Stammform, dem Olynthus, sicher nachweisen kann.

Hierdurch glaube ich die analytische Lösung des Problems von der Entstehung der Arten gegeben und somit die Forderung derjenigen Gegner der Descendenz-Theorie erfüllt zu haben, die „im Einzelnen" die Abstammung verwandter Arten von einer Stammform nachgewiesen sehen wollten. Wem die synthetischen Beweise für die Wahrheit der Abstammungslehre nicht genügen, welche die vergleichende Anatomie und Ontogenie, die Paläontologie und Dysteleologie, die Chorologie und Systematik liefern, der mag die analytischen Beweise in der Monographie der Kalkschwämme, ein Product fünfjähriger genauester Beobachtungen, zu widerlegen suchen. Ich wiederhole: Wenn man der Descendenz-Theorie noch immer die Behauptung entgegenhält, dass die Abstammung aller Arten einer Gruppe bisher noch niemals überzeugend im Einzelnen nachgewiesen sei, so ist diese Behauptung nunmehr völlig grundlos. Die Monographie der Kalkschwämme liefert diesen analytischen Nachweis im Einzelnen wirklich, und wie ich überzeugt bin, mit unwiderleglicher Sicherheit. Jeder Naturforscher, der das umfangreiche, von mir benutzte Untersuchungs-Material durcharbeitet und meine Angaben nachuntersucht, wird finden, dass man bei den Kalkschwämmen im Stande ist, die Species Schritt für Schritt auf dem Wege ihrer Entstehung, *in statu nascenti*, zu verfolgen. Wenn dies aber wirklich der Fall ist, wenn wir in einer einzigen Klasse oder Familie die Abstammung aller Species von einer gemeinsamen Stammform nachzuweisen im Stande sind, dann ist auch die Frage von der Descendenz des Menschen definitiv gelöst, dann sind wir auch im Stande, die Abstammung des Menschen von niederen Thieren zu beweisen.

Sechster Vortrag.

Die Eizelle und die Amoebe.

„Als die Vorfahren aller höheren Thiere müssen wir ganz einfache einzellige Thiere ansehen, wie es noch heutzutage die in allen Gewässern verbreiteten Amoeben sind. Dass auch die ältesten Urahnen des Menschengeschlechts solche ganz einfache Urthiere vom Formwerthe einer einzigen Zelle waren, ergiebt sich mit vollster Klarheit aus der unumstösslichen Thatsache, dass sich jedes menschliche Individuum aus einem Ei entwickelt, und dieses Ei ist, wie das Ei aller anderen Thiere, eine einfache Zelle. Wenn man daher unsere Theorie von der thierischen Herkunft des Menschengeschlechts „abscheulich, empörend und unsittlich“ findet, so muss man ganz ebenso „abscheulich, empörend und unsittlich“ die feststehende und jeden Augenblick durch das Mikroskop zu zeigende Thatsache finden, dass das menschliche Ei eine einfache Zelle ist, und dass diese Zelle nicht von dem Ei der anderen Säugethiere zu unterscheiden ist.“

Stammbaum des Menschengeschlechts (1870).

Inhalt des sechsten Vortrages.

Das Ei des Menschen und der Thiere ist eine einfache Zelle. Bedeutung und wesentlicher Inhalt der Zellen-Theorie. Zellstoff (Protoplasma) und Zellkern (Nucleus) als die beiden wesentlichen Bestandtheile jeder echten Zelle. Die nicht differenzirte Eizelle verglichen mit der höchst differenzirten Seelenzelle oder der Nervenzelle des Gehirns. Die Zelle als Elementar-Organismus oder als Individuum erster Ordnung. Ihre Lebenserscheinungen. Die besondere Beschaffenheit der Eizelle. Dotter. Keimbläschen. Keimfleck. Eihaut oder Chorion. Anwendung des biogenetischen Grundgesetzes auf die Eizelle. Einzellige Organismen. Die Amoebe. Zusammensetzung und Lebenserscheinungen der Amoeben. Amoeboide Bewegungen. Amoeboide Zellen im vielzelligen Organismus. Bewegungs-Erscheinungen derselben und Aufnahme fester Stoffe. Fressende Blutzellen. Vergleich der Amoebe mit der Eizelle. Die amoeboiden Eizellen der Schwämme. Die Amoebe als gemeinsame Stammform der vielzelligen Organismen.

VI.

Meine Herren!

Um zu einem klaren Verständniss der Ontogenese oder der individuellen Entwickelung des Menschen zu gelangen, ist vor allem erforderlich, unter den zahlreichen, wunderbaren und mannichfaltigen Erscheinungen, die uns begegnen, die wichtigeren gehörig hervorzuheben, und von diesen wichtigeren Anhaltspunkten aus die zahlreichen weniger wichtigen und bedeutsamen Erscheinungen zu betrachten. Als der erste und wichtigste Anhaltspunkt in dieser Beziehung, der zugleich nothwendig den Ausgangspunkt unserer ontogenetischen Betrachtung bildet, tritt uns die Thatsache entgegen, dass jedes menschliche Individuum sich aus einem Ei entwickelt, und dass dieses Ei eine einfache Zelle ist. Diese menschliche Eizelle ist in ihrer gesammten Form und Zusammensetzung nicht von der Eizelle der übrigen Säugethiere zu unterscheiden, während allerdings bestimmte Unterschiede zwischen der Eizelle der Säugethiere und derjenigen der übrigen Thiere nachzuweisen sind.

Diese ausserordentlich wichtige Thatsache, der wohl nur wenige hinsichtlich ihrer fundamentalen Bedeutung an die Seite gestellt werden können, ist bekanntlich noch nicht lange entdeckt. Wie Sie sich erinnern, geschah es erst im Jahre 1827, dass CARL ERNST BAER das Ei des Menschen und der Säugethiere thatsächlich durch Beobachtung nachwies. Bis dahin hatte man irrthümlich grössere Bläschen, in denen das wahre, viel kleinere Ei erst eingeschlossen ist, als Eier betrachtet. Die wichtige Erkenntniss, dass dieses Säugethier-Ei eine einfache Zelle gleich dem Ei der übrigen Thiere ist, konnte natürlich erst gewonnen werden, seitdem überhaupt die Zellentheorie existirte. Diese wurde aber erst 1838 von SCHLEIDEN für die Pflanzen aufgestellt und von SCHWANN auf die Thiere ausgedehnt. Wie Sie bereits wissen, ist diese Zellentheorie von der grössten

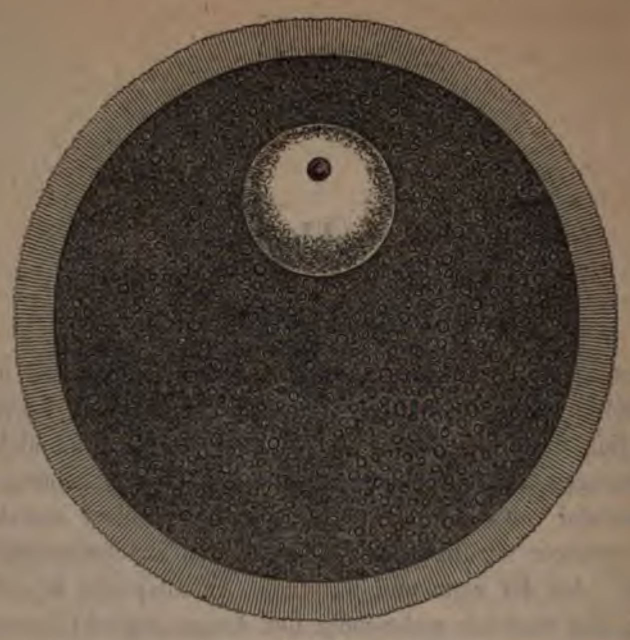


Fig. 1.

Bedeutung für das ganze Verständniss des menschlichen Organismus und seiner Entwickelung. Es erscheint daher zweckmässig, hier einige Worte über den gegenwärtigen Zustand der Zellentheorie und über die Bedeutung der daran geknüpften allgemeinen Anschauungen vorauszuschicken.

Fig. 1. Das Ei des Menschen, aus dem Eierstock des Weibes genommen, sehr stark vergrössert. Das ganze Ei ist eine einfache kugelrunde Zelle. Die Hauptmasse der kugeligen Eizelle wird durch den Eidotter oder den körnigen Zellstoff (Protoplasma) gebildet, der aus zahllosen feinen Dotterkörnchen und ein wenig Zwischenmasse zwischen denselben besteht. Oben im Dotter liegt das helle kugelige Keimbläschen, welches dem Zellkern (Nucleus) entspricht. Dieses enthält ein dunkleres Körnchen, den Keimfleck, welcher das Kernkörperchen (Nucleolus) darstellt. Umschlossen ist der kugelige Dotter von der dicken hellen Eihaut (Zona pellucida oder Chorion). Diese ist von sehr zahlreichen, radial gegen den Mittelpunkt der Kugel gerichteten haarfeinen Linien durchzogen, den Porencanälen, durch welche bei der Befruchtung die fadenförmigen beweglichen Samenzellen in den Eidotter eindringen.

Es kommt bei der Zellentheorie, welche sowohl in der Zoologie wie in der Botanik seit 35 Jahren als die wichtigste Grundlage aller morphologischen und physiologischen Anschauungen betrachtet wird, vor Allem darauf an, dass man die Zelle als einen einheitlichen Organismus, als ein selbstständiges lebendiges Wesen, auffasst. Wenn wir den entwickelten Körper der Thiere und Pflanzen, wie den des Menschen, durch anatomische Zergliederung in Organe zerlegen, und wenn wir dann weiter diese gröberen Formbestandtheile oder Organe mit Hülfe des Mikroskops auf ihre feinere Zusammensetzung untersuchen, so werden wir durch die Wahrnehmung überrascht, dass alle diese verschiedenen Theile aus einem und demselben Grundbestandtheile oder Form-Elemente zusammengesetzt sind. Dieser allgemeine elementare Formbestandtheil ist die Zelle. Es ist ganz gleich, ob wir ein Blatt, eine Blume oder eine Frucht, ob wir einen Knochen, einen Muskel, eine Drüse, ein Stück Haut u. s w. auf diese Weise anatomisch und mikroskopisch untersuchen, überall begegnen wir einem und demselben Form-Element, das man seit SCHLEIDEN Zelle nennt. Was diese Zelle eigentlich ist, darüber existiren zwar sehr verschiedene Ansichten; allein das Wesentliche unserer Anschauung von der Zelle beruht darauf, das wir dieselbe als selbstständige Lebenseinheit ansehen müssen. Die kleine Zelle ist, wie BRÜCKE sagt, ein „Elementar-Organismus", oder, wie VIRCHOW sagt, ein „Lebensheerd". Am schärfsten wird sie vielleicht als die organische Formeinheit niedersten Ranges, als Individuum erster Ordnung bezeichnet (Generelle Morphologie, Bd. I S. 269). Entweder besteht nun der ganze Organismus zeitlebens nur aus einer einzigen Zelle, wie bei den einzelligen Thieren und Pflanzen: oder, wie bei der grossen Mehrzahl der Thiere und Pflanzen, es stellt der Organismus bloss im ersten Anfange seiner individuellen Existenz eine einfache Zelle dar, und späterhin bildet er eine Zellengesellschaft, oder richtiger einen organisirten Zellenstaat. Unser eigener Körper ist in Wirklichkeit nicht, wie zunächst die allgemein gültige, naive Auffassung des Menschen anzunehmen sich gestattet, eine einfache Lebenseinheit, sondern eine höchst zusammengesetzte sociale Gemeinschaft, eine Colonie oder ein Staat, der aus zahlreichen, selbstständigen Lebenseinheiten besteht, den Zellen[23].

Der Ausdruck Zelle ist eigentlich unglücklich gewählt; SCHLEIDEN, der ihn zuerst gebrauchte, nannte die kleinen Elementar-Orga-

nismen „Zellen“, weil dieselben beim Durchschnitte der meisten Pflanzentheile als Fächer erscheinen, welche, ähnlich den Zellen einer Bienenwabe, mit festen Wänden zusammenstossen und mit einer Flüssigkeit oder einer weichen breiartigen Masse gefüllt sind. Dieser auch von SCHWANN angenommene Begriff von der Zelle, als ein geschlossenes Säckchen oder Bläschen, welches mit einer Flüssigkeit angefüllt und von einer festen Hülle oder Wand umgeben ist, hat sich lange Zeit hindurch erhalten: aber gerade auf die meisten Zellen des Thierkörpers ist er gar nicht anwendbar. Je weiter man in der Erkenntniss der Zellen des Thierkörpers gelangte, desto mehr sah man ein, dass man den Zellenbegriff ganz anders fassen müsse. Gegenwärtig wird daher allgemein die Zelle definirt als ein festweiches oder festflüssiges (weder festes noch flüssiges), dichtes Körperchen von ursprünglich mehr oder weniger rundlicher Gestalt und eiweissartiger chemischer Beschaffenheit, in welchem ein anderes rundliches (meist festeres und ebenfalls eiweissartiges) Körperchen eingeschlossen ist. Eine Umhüllung oder Membran kann zwar vorhanden sein, wie es bei den meisten Pflanzenzellen der Fall ist; sie kann aber auch fehlen, wie bei den meisten Thierzellen. Ursprünglich fehlt sie immer.

Das Wesentliche des Zellenbegriffes im heutigen Sinne besteht also in der Zusammensetzung des Zellenkörpers aus zwei verschiedenen Theilen. Der eine Theil ist der innere und heisst Zellenkern (*Nucleus* oder *Cytoblastus*): er ist meistens von rundlicher, eiförmiger oder kugeliger Gestalt, meist fester, seltener weicher als der Zellstoff und besteht aus einer eiweissartigen Substanz. Der zweite wesentliche Bestandtheil jeder Zelle ist der Zellstoff, das *Protoplasma* oder der Urschleim (im Sinne der älteren Naturphilosophie). Auch dieses Protoplasma, welches den Kern umgiebt, gehört seiner chemischen Zusammensetzung nach in die Gruppe der eiweissartigen Körper, ist also eine Kohlenstoffverbindung, welche Stickstoffatome enthält. Sie befindet sich zeitlebens in einem weichen, weder festen noch flüssigen Dichtigkeits- oder Aggregats-Zustande. Die Eiweissverbindung des Protoplasma ist zwar derjenigen des Kernes ähnlich, aber doch wesentlich und constant verschieden.

Nucleus und Protoplasma, der innere Zellkern und der äussere Zellstoff, sind die beiden einzigen wesentlichen Bestandtheile jeder echten Zelle. Alles Uebrige, was sonst in der Zelle und an der-

selben noch vorkommt, ist von secundärer Bedeutung, da es sich erst nachträglich entwickelt; die Membran, welche mannichfach zusammengesetzt und oft sehr dick sein kann; ferner die verschiedenartigsten Inhaltsbestandtheile: Fettkugeln, Krystalle, Farbstoffkörner, Wasserbläschen u. s. w. Alles das sind untergeordnete und passive Bestandtheile, die erst durch die Lebensthätigkeit des Zellstoffs gebildet oder von aussen aufgenommen sind, und die uns hier zunächst nicht interessiren. Der Zellenkern und der Zellenstoff sind allein die beiden activen, für den Begriff der Zelle wesentlichen, und niemals fehlenden Bestandtheile des Zellen-Organismus.

Als Gegenstück zu der einfachen Eizelle (Fig. 1, S. 96) lassen Sie uns einmal zum Vergleich eine grosse Nervenzelle oder Ganglienzelle aus dem Gehirn betrachten. Die Eizelle repräsentirt potentiell das ganze Thier; d. h. sie besitzt die Fähigkeit, aus sich allein den ganzen vielzelligen Thierkörper hervorzubilden; sie ist die gemeinsame Stammmutter aller der Generationen von zahllosen Zellen, die sich zu den verschiedenen Geweben des Thierkörpers ausbilden; sie vereinigt deren verschiedenartige Kräfte in gewissem Sinne in sich, aber nur potentiell, nur der Anlage nach. Im grössten Gegensatze dazu ist die Nervenzelle des Gehirns (Fig. 2) höchst einseitig ausgebildet. Sie vermag nicht gleich der Eizelle zahlreiche Zellen-Generationen zu erzeugen, von denen sich die einen zu Hautzellen, die anderen zu Fleischzellen, die dritten zu Knochenzellen u. s. w. umbilden. Dafür besitzt aber die Nervenzelle, welche sich zu den höchsten Lebensthätigkeiten ausgebildet hat, die Fähigkeit zu empfinden, zu wollen, zu denken. Sie ist eine wahre Seelenzelle, ein Elementar-Organ der Seelenthätigkeit. Dem entsprechend besitzt sie eine höchst verwickelte feinere Structur. Unzählige äusserst feine Fäden, vergleichbar den zahlreichen elektrischen Drähten einer grossen Central-Telegraphen-Station, ziehen sich mannichfach durchkreuzt durch das feinkörnige Protoplasma der Nervenzelle hin und begeben sich in die verästelten Ausläufer, die von dieser Seelenzelle ausgehen und sie mit anderen Nervenzellen und Nervenfasern in Verbindung setzen (*a*, *b*). Kaum können wir die verwickelten Bahnen derselben in der feinkörnigen Grundsubstanz des Protoplasma-Leibes theilweise annähernd verfolgen.

Hier stehen wir vor einem höchst zusammengesetzten Apparate, dessen feinere Structur wir auch mit Hülfe unserer stärksten Mikro-

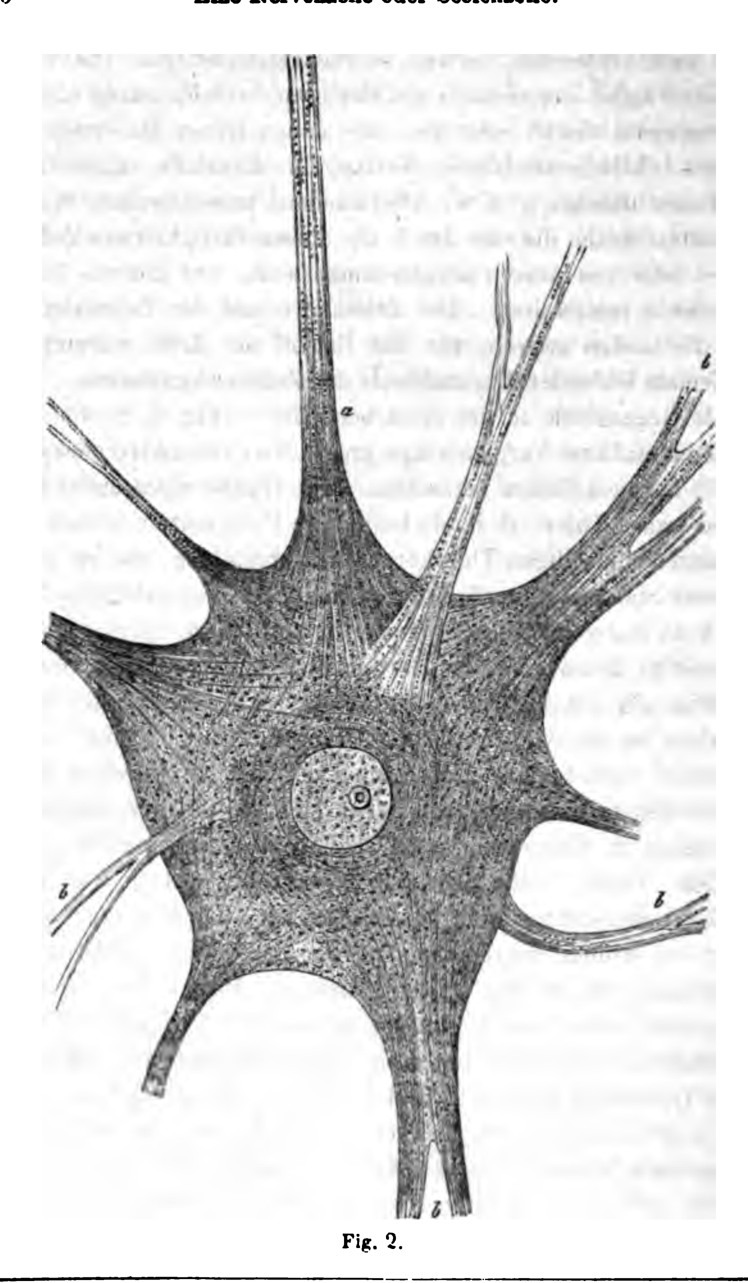


Fig. 2.

Fig. 2. Eine grosse verästelte Nervenzelle oder „Seelenzelle“ aus dem Gehirn eines elektrischen Fisches (Torpedo), 600mal vergrössert. In der Mitte der Zelle liegt der grosse helle kugelige Kern

skope kaum begonnen haben zu erkennen, dessen Bedeutung wir überhaupt mehr ahnen als erkennen können. Seine verwickelte Zusammensetzung entspricht der höchst zusammengesetzten psychischen Function. Und dennoch ist auch dieses Elementar-Organ der Seelenthätigkeit, welches sich zu Tausenden in unserem Gehirn findet, weiter Nichts als eine einzige Zelle. Unser ganzes Seelenleben ist weiter Nichts, als das Gesammt-Resultat aus der vereinten Thätigkeit aller dieser Nervenzellen oder Seelenzellen. In der Mitte einer jeden Zelle liegt eine grosse helle Kugel, die ein kleines dunkleres Körperchen umschliesst. Das ist der Kern oder Nucleus, der das Kernkörperchen oder den Nucleolus enthält. Auch hier, wie überall, bestimmt der Kern die Individualität der Zelle und beweist, dass das ganze Gebilde trotz seiner verwickelten feineren Structur nur den Formwerth einer einzigen Zelle besitzt.

Im Gegensatz zu dieser höchst entwickelten und höchst einseitig differenzirten Seelenzelle (Fig. 2) ist unsere Eizelle (Fig. 1) noch gar nicht differenzirt. Doch müssen wir auch hier aus ihren Lebenseigenschaften auf eine höchst verwickelte chemische Zusammensetzung ihres Protoplasma-Körpers, auf eine feine Molecular-Structur schliessen, die unserem Auge völlig verborgen ist.

Wenn wir die Zellen als die Elementar-Organismen oder als die Individuen erster Ordnung bezeichneten, so bedarf diese Begriffsbestimmung eigentlich einer Einschränkung. Die Zellen stellen nämlich keineswegs die allerniedrigste Stufe der organischen Individualität dar, wie man gewöhnlich annimmt. Vielmehr giebt es noch einfachere Elementar-Organismen, die wir gleich beiläufig berühren wollen und auf die wir später zurückkommen werden. Das sind die Cytoden: lebende, selbstständige Wesen, welche blos aus einem Stückchen Plasson bestehen, d. h. aus einem ganz homogenen oder gleichartigen Klümpchen einer eiweissartigen Substanz, welche noch nicht in Nucleus und Protoplasma differenzirt ist, sondern die Eigenschaften beider vereinigt enthält. Solche Cytoden sind z. B.

Nucleus), der ein kleines Kernkörperchen *(Nucleolus)* und in diesem einen Kernpunkt *(Nucleolinus)* umschliesst. Das Protoplasma der Zelle ist in zahllose äusserst feine Fäden (oder Fibrillen) zerfallen, die in einer feinkörnigen Zwischensubstanz eingebettet sind und sich in die verästelten Ausläufer der Zelle *(b)* fortsetzen. Ein unverästelter Ausläufer *(a)* geht in eine Nervenfaser über. (Nach MAX SCHULTZE.)

die merkwürdigen Moneren. Strenggenommen müssen wir also sagen: der Elementar-Organismus oder „das Individuum erster Ordnung" tritt in zwei verschiedenen Stufen auf. Die erste und niedrigste Stufe ist die Cytode, die bloss aus einem Stückchen Plasson oder ganz einfachem „Urschleim" besteht. Die zweite und höhere Stufe ist die Zelle, welche bereits in Kern und Protoplasma differenzirt ist. Beide Stufen, Cytoden und Zellen, fassen wir unter dem Begriffe der Bildnerinnen oder Plastiden zusammen, weil sie in Wahrheit allein den Organismus bilden[24]. Allein bei den höheren Thieren und Pflanzen kommen solche Cytoden in der Regel nicht vor, sondern nur wirkliche Zellen, die einen Kern enthalten. Hier ist also das Elementar-Individuum immer bereits aus zwei verschiedenen Theilen zusammengesetzt, aus dem äusseren Zellstoff und dem innern Zellkern.

Um sich nun wirklich zu überzeugen, dass jede Zelle ein selbstständiger Organismus ist, braucht man blos die Lebenserscheinungen und die Entwickelung eines solchen kleinen Wesens zu verfolgen. Man sieht dann, dass dasselbe alle die wesentlichen Lebensfunctionen vollzieht, welche der ganze Organismus ausübt. Jedes dieser kleinen Wesen wächst und ernährt sich selbstständig. Es nimmt Säfte von aussen auf, die es aus der umgebenden Flüssigkeit aufsaugt; ja die nackten Zellen können sogar feste Körperchen an beliebigen Stellen ihrer Oberfläche aufnehmen, also „fressen", ohne dass sie dazu Mund und Magen nöthig hätten (vergl. Fig. 9, S. 113). Jede einzelne Zelle ist ferner im Stande, sich fortzupflanzen und zu vermehren (Fig. 3). Diese Vermehrung geschieht in den meisten Fällen durch einfache Theilung, und zwar zerfällt zunächst der Kern durch Einschnürung in zwei Stücke, worauf dann das Protoplasma ebenfalls in zwei Theile sich trennt. Ferner ist die einzelne Zelle im Stande, sich zu bewegen und herumzukriechen, wenn sie Raum zu freier Bewegung hat und nicht durch eine feste Hülle daran gehindert ist: sie streckt dann oberflächlich fingerförmige Fortsätze aus, die sie

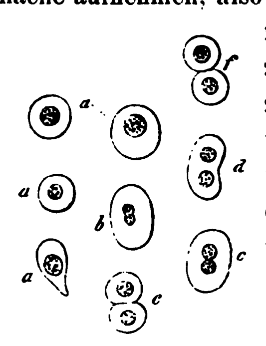


Fig. 3.

Fig. 3. Blutzellen, welche sich durch Theilung vermehren, aus dem Blute eines jungen Hirsch-Embryo. Jede Blutzelle

bald wieder einzieht und wobei sie ihre Form wechselt (Fig. 4). Endlich ist die junge Zelle empfindlich, in gewissem Sinne reizbar: auf Einwirkung gewisser chemischer Reize führt sie gewisse Bewegungen (Reflex-Bewegungen) aus. Wir können also an jeder einzelnen Zelle alle die wesentlichen Functionen verfolgen, die wir unter dem besonderen Gesammtbegriff des **Lebens** zusammenfassen: Empfindung, Bewegung, Ernährung, Fortpflanzung. Alle diese Eigenschaften, die das vielzellige hochentwickelte Thier besitzt, kommen bei jeder einzelnen Thierzelle schon vor, wenigstens in ihrem Jugendzustande. Ueber diese Thatsache existirt gegenwärtig kein Zweifel mehr, und wir können dieselbe also als Grundlage unserer physiologischen Auffassung des Elementar-Organismus betrachten.



Fig. 4.

Ohne uns nun hier weiter auf die höchst interessanten Erscheinungen des Zellenlebens einzulassen, wollen wir sogleich die Anwendung der Zellentheorie auf das Ei versuchen. Hier ergiebt sich nun aus der vergleichenden Untersuchung das hochwichtige Resultat, dass **jedes Ei ursprünglich eine einfache Zelle ist.** Das ist deshalb von der grössten Bedeutung, weil die ganze Ontogenie sich dem-

---

hat ursprünglich einen Kern und ist kugelig (*a*). Sobald sie sich vermehren will, zerfällt zunächst der Zellenkern oder Nucleus in zwei Kerne (*b*, *c*, *d*). Dann schnürt sich auch der Protoplasmakörper zwischen den beiden Kernen ein, die sich von einander entfernen (*e*). Endlich wird diese Einschnürung vollständig und die ganze Zelle zerfällt in zwei Tochterzellen (*f*.). (Nach Frey.)

Fig. 4. **Bewegliche Zellen aus einem entzündeten Froschauge** (aus der wässerigen Feuchtigkeit des Auges oder dem Humor aqueus). Die nackten Zellen bewegen sich lebhaft kriechend umher, indem sie Amoeben oder Rhizopoden gleich feine Fortsätze aus ihrem nackten Protoplasmakörper ausstrecken. Diese Fortsätze ändern beständig ihre Zahl, Gestalt und Grösse. Der Kern dieser amoebenartigen Lymphzellen ist nicht sichtbar, weil ihn die zahlreichen feinen Körnchen verdecken, die in dem Protoplasma zerstreut sind. (Nach Frey.)

nach in das Problem auflöst: „Wie entsteht aus einem einzelligen Organismus ein vielzelliger?" Jedes organische Individuum ist ursprünglich eine einfache Zelle und als solche ein Elementar-Organismus, oder ein Individuum erster Ordnung. Erst später entsteht durch Theilung dieser Zelle ein Zellenhaufen, aus dem sich der vielzellige Organismus, ein Individuum höherer Ordnung, hervorbildet.

Wenn wir nun zunächst die ursprüngliche Beschaffenheit der Eizelle selbst etwas näher betrachten, so bemerken wir die ausserordentlich wichtige Thatsache, dass in ihrem ursprünglichen Zustande die Eizelle bei allen Thieren und beim Menschen ganz dieselbe einfache und indifferente Bildung besitzt, so dass man nicht im Stande ist, irgend welche wesentlichen Unterschiede zwischen ihnen aufzufinden. Späterhin sind die Eier, obwohl sie einzellig bleiben, doch sehr verschieden an Grösse und Gestalt, haben verschiedene Umhüllungen u. s. w. Wenn man aber die Eier an ihrer Geburtsstätte aufsucht, da wo sie entstehen, im Eierstock des weiblichen Thieres, so findet man sie in den ersten Stadien ihres Lebens immer von derselben Bildung; und zwar stellt jedes Ei ursprünglich eine ganz einfache, rundliche, nackte Zelle dar, welche keine Membran besitzt, und blos aus dem Zellenkern und dem Zellenstoff besteht. Diese beiden Theile führen beim Ei schon seit langer Zeit besondere Namen: man nennt nämlich den Zellstoff hier Dotter (*Vitellus*), und der Zellenkern führt den Namen des Keimbläschens (*Vesicula germinativa*). Der Kern ist bei der Eizelle in der Regel von weicher, oft bläschenartiger Beschaffenheit. Im Innern dieses Kernes findet sich, wie bei vielen anderen Zellen, ein drittes Körperchen eingeschlossen, welches man bei gewöhnlichen Zellen das Kernkörperchen nennt (*Nucleolus*). Bei der Eizelle heisst es Keimfleck (*Macula germinativa*). Endlich findet man in vielen Eiern (aber nicht in allen) in diesem Keimfleck noch ein innerstes Pünktchen, einen Nucleolinus, welchen man Keimpunkt (*Punctum germinativum*) nennen kann. Indessen haben diese letzteren beiden Theile (Keimfleck und Keimpunkt), wie es scheint, nur eine untergeordnete Bedeutung; von fundamentaler Bedeutung sind nur die beiden ersten Bestandtheile: der Dotter und das Keimbläschen.

Bei vielen niederen Thieren (z. B. den Schwämmen, Medusen) behalten die nackten Eizellen ihre ganz einfache ursprüngliche Beschaffenheit bis zur Befruchtung bei. Bei den meisten Thieren aber

erleiden sie schon vorher bestimmte Veränderungen: sie erhalten theils bestimmte Zusätze zum Dotter, welche zur Ernährung des Eies dienen (Nahrungsdotter), theils äussere Hüllen oder Membranen, welche zum Schutze desselben dienen (Eihäute). Eine solche Hülle entsteht bei allen Säugethier-Eiern im Laufe der weiteren Ausbildung.

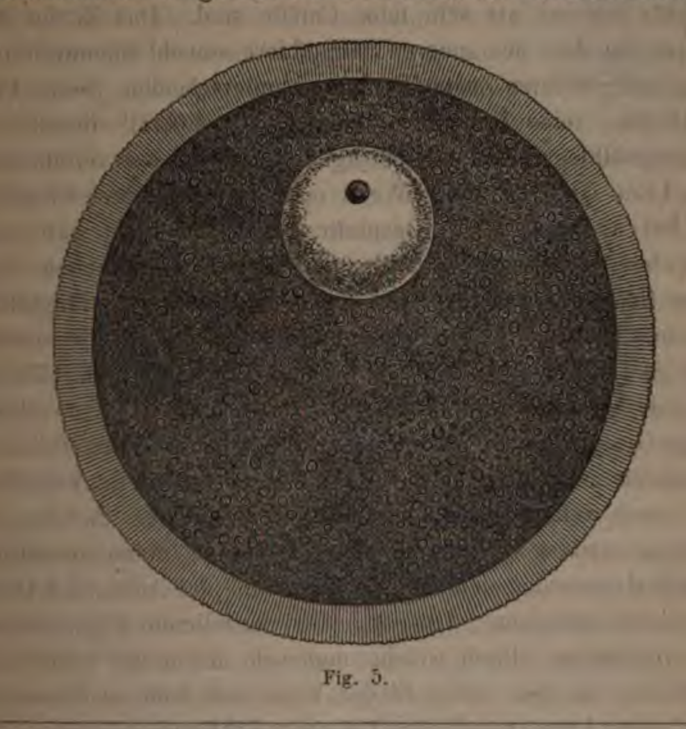


Fig. 5.

Fig. 5. Das Ei des Menschen, aus dem Eierstock des Weibes genommen, sehr stark vergrössert. Das ganze Ei ist eine einfache kugelrunde Zelle. Die Hauptmasse der kugeligen Eizelle wird durch den Eidotter oder den körnigen Zellstoff (Protoplasma) gebildet, der aus zahllosen feinen Dotterkörnchen und ein wenig Zwischenmasse zwischen denselben besteht. Oben im Dotter liegt das helle kugelige Keimbläschen, welches dem Zellkern (Nucleus) entspricht. Dieses enthält ein dunkleres Körnchen, den Keimfleck, welcher das Kernkörperchen (Nucleolus) darstellt. Umschlossen ist der kugelige Dotter von der dicken hellen Eihaut (Zona pellucida oder Chorion). Diese ist von sehr zahlreichen, radial gegen den Mittelpunkt der Kugel gerichteten haarfeinen Linien durchzogen, den Porencanälen, durch welche bei der Befruchtung die fadenförmigen beweglichen Samenzellen in den Eidotter eindringen.

Die kleine Kugel wird mit einer dicken Kapsel von vollkommen durchsichtiger, glasartiger Beschaffenheit umgeben, welche den besonderen Namen: *Zona pellucida* oder *Chorion* führt. Wenn wir diese letztere recht genau mit dem Mikroskop betrachten, können wir darin sehr feine radiale Striche wahrnehmen, welche die Zona durchziehen und nichts anderes als sehr feine Canäle sind. Das Ei des Menschen ist von dem der anderen Säugethiere sowohl im unreifen als auch im ausgebildeten Zustande nicht zu unterscheiden. Seine Form, seine Grösse, seine Zusammensetzung bleibt überall dieselbe. In völlig ausgebildetem Zustande beträgt sein Durchmesser durchschnittlich $\frac{1}{10}$ Linie oder 0,2 Mm. Wenn man das Säugethier-Ei gehörig isolirt hat und auf einer Glasplatte gegen das Licht hält, kann man es eben mit blossem Auge als feines Pünktchen erkennen. Ganz dieselbe Grösse haben die Eier der meisten höheren Säugethiere. Fast immer beträgt der Durchmesser der kugeligen Eizelle zwischen $\frac{1}{10}$ und $\frac{1}{20}$ Linie ($\frac{1}{5}$ — $\frac{1}{10}$ Millimeter); beim Elephanten und Walfisch ebenso wie bei der Maus und bei der Katze. Immer hat es dieselbe kugelige Gestalt, immer dieselbe charakteristische dicke Hülle; immer dasselbe helle kugelige Keimbläschen mit seinem dunkeln Keimfleck. Auch wenn wir das beste Mikroskop mit der stärksten Vergrösserung anwenden, sind wir nicht im Stande, einen wesentlichen Unterschied zwischen dem Ei des Menschen, des Affen, des Hundes u. s. w. zu entdecken. Hingegen sind auffallende Eigenthümlichkeiten vorhanden, durch welche man sehr leicht das reife Ei der Säugethiere von dem reifen Ei der Vögel und anderer Wirbelthiere unterscheiden kann (vergl. Fig. 210 nebst Erklärung).

Besonders verschieden ist das reife Ei des Vogels, welches ursprünglich allerdings auch dem der Säugethiere ganz gleich ist. Allein später nimmt hier die Eizelle noch innerhalb des Eileiters eine Masse von Nahrung in sich auf, die sie zu dem bekannten mächtigen gelben Dotter verarbeitet. Wenn man ein ganz junges Ei im Eierstocke des Huhnes untersucht, so findet man dasselbe ganz gleich den jungen Eizellen der Säugethiere und anderer Thiere. Später wächst es aber so beträchtlich, dass es sich zu der bekannten gelben Dotterkugel ausdehnt. Der Kern der Eizelle oder das Keimbläschen wird dadurch ganz an die Oberfläche der kugeligen Eizelle gedrängt und ist hier in eine geringe Menge von hellerem, sogenanntem weissen Dotter eingebettet. Dieser bildet daselbst einen kreisrunden weissen

Fleck der unter dem Namen des Hahnentritts oder der Narbe (*Cicatricula*) bekannt ist (Fig. 6 *b*). Von der Narbe aus setzt sich ein dünner Strang von weisser Dottermasse durch den gelben Dotter hindurch bis zur Mitte der kugeligen Zelle fort, wo er in eine kleine centrale Kugel (die fälschlich sogenannte Dotterhöhle oder *Latebra*, Fig. 6 *d'*) anschwillt. Die gelbe Dottermasse, welche diesen weissen Dotter umgiebt, erscheint am erhärteten Ei concentrisch geschichtet (Fig. 6 *c*), Aeusserlich ist der gelbe Dotter von einer zarten structurlosen Dotterhaut (*Membrana vitellina*) umgeben (*a*).

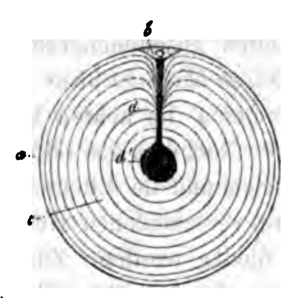


Fig. 6.

Neuerdings hat sich vielfach die Ansicht verbreitet, dass die grosse gelbe Eizelle des Vogels (die bei den grossen Vögeln mehrere Zoll Durchmesser erreicht) nicht mehr als eine einfache Zelle betrachtet werden könne. Wir müssen aber mit Gegenbaur diese Ansicht für irrthümlich halten. Die unbefruchtete und ungetheilte Eizelle des Vogels bleibt mit ihrem einfachen Kerne eine einfache Zelle, mag dieselbe noch so sehr durch Production gelber Dottermasse anwachsen. Jedes Thier, welches einen einzigen Zellenkern enthält, jede Amoebe, jede Gregarine, jedes Infusionsthierchen, ist einzellig, und bleibt einzellig, wenn es auch noch so viel verschiedene Stoffe frisst. Ebenso bleibt die Eizelle eine einfache Zelle, mag sie später noch so viel gelben Nahrungsdotter im Innern ihres Protoplasma anhäufen. Gegenbaur hat dies in seiner trefflichen Arbeit über die Eier der Wirbelthiere klar nachgewiesen[25].

Anders verhält sich das Vogel-Ei natürlich, sobald es befruchtet wird. Dann zerfällt sein Keimbläschen oder der Zellenkern durch wiederholte Theilung in viele Kerne, und ebenso theilt sich entsprechend das Protoplasma der Narbe oder des Hahnentrittes, welches dieselben umgiebt. Dann besteht das Vogel-Ei aus so vielen Zellen.

Fig. 6. Eine reife Eizelle aus dem Eierstock des Huhnes. Der gelbe Nahrungsdotter (*c*) ist aus vielen concentrischen Schichten (*d*) zusammengesetzt und von einer dünnen Dotterhaut (*a*) umhüllt. Der Zellenkern oder das Keimbläschen liegt oben in der Narbe (*b*). Von da setzt sich der weisse Dotter bis in die centrale Dotterhöhle fort (*d'*). Doch sind beide Dotterarten nicht scharf geschieden.

als Kerne in der Narbe vorhanden sind. An dem befruchteten und gelegten Vogel-Ei, das wir täglich verzehren, ist daher die gelbe Dotterkugel bereits ein vielzelliger Körper. Ihre Narbe ist aus vielen Zellen zusammengesetzt und wird nun als Keimscheibe (oder *Discus blastodermicus*) bezeichnet. Wir werden später darauf zurückkommen (im achten Vortrag).

Nachdem das reife Vogel-Ei (Fig. 6) aus dem Eierstock ausgetreten und im Eileiter befruchtet worden ist, umgiebt sich dasselbe mit verschiedenen Hüllen, die von der Wand des Eileiters ausgeschieden werden. Zunächst um die gelbe Dotterkugel lagert sich die mächtige klare Eiweissschicht ab; ferner die äussere Kalkschale, an der innen noch eine feine Schalenhaut anliegt. Alle diese nachträglich um das Ei gebildeten Hüllen und Zusätze sind für die Bildung des Embryo von keiner Bedeutung; es sind Theile, die mit der ursprünglichen Eizelle nichts zu thun haben. Auch bei anderen Thieren finden wir oft ausserordentlich grosse Eier mit mächtigen Hüllen, z. B. beim Haifische. Auch hier ist ursprünglich das Ei eigentlich ganz dasselbe wie beim Säugethiere, nämlich eine ganz einfache nackte Zelle. Dann aber wird auch hier, wie beim Vogel, eine beträchtliche Quantität von Nahrungsdotter innerhalb des ursprünglichen Eidotters angesammelt; und ausserhalb werden um denselben verschiedene Hüllen gebildet. Aehnliche innere und äussere Zugaben erhält die Eizelle auch bei vielen anderen Thieren. Da dieselben aber überall von untergeordneter Bedeutung für die Keimbildung selbst sind, theils als Nahrungsmittel vom Embryo verzehrt werden, theils nur als schützende Umhüllung desselben dienen, so können wir sie hier ganz ausser Acht lassen, und wollen uns nur an das Wichtigste halten: an die wesentliche Gleichheit der ursprünglichen Eizelle beim Menschen und den übrigen Thieren.

Lassen Sie uns nun hier zum ersten Male von unserem biogenetischen Grundgesetze Gebrauch machen und unmittelbar dieses fundamentale Causal-Gesetz der Entwickelungsgeschichte auf die Eizelle des Menschen anwenden. Wir kommen dann zu einem höchst einfachen, aber höchst bedeutsamen Schlusse. Aus der einzelligen Beschaffenheit des menschlichen Eies und des Eies der übrigen Thiere folgt nach dem biogenetischen Grundgesetze unmittelbar der Schluss, dass alle Thiere mit

Inbegriff des Menschen ursprünglich von einem einzelligen Organismus abstammen. Wenn wirklich jenes Grundgesetz wahr ist, wenn wirklich die Ontogenese ein Auszug oder eine verkürzte Wiederholung der Phylogenese ist (— und wir können nicht daran zweifeln —), dann müssen wir aus der Thatsache, dass alle Eier ursprünglich einfache Zellen sind, nothwendig die Folgerung ziehen, dass alle vielzelligen Organismen ursprünglich von einem einzelligen Organismus abstammen. Da nun aber die ursprüngliche Eizelle beim Menschen und allen Thieren dieselbe einfache und indifferente Beschaffenheit besitzt, so werden wir auch mit Wahrscheinlichkeit schliessen dürfen, dass jene einzellige Stammform der **gemeinsame** einzellige Stamm-Organismus für das ganze Thierreich, den Menschen mit inbegriffen, war.

Dieser Schluss ist so einfach, aber doch auch so bedeutungsvoll, dass nicht genug Gewicht auf denselben gelegt werden kann. Wir müssen daher zunächst die Frage aufwerfen, ob es vielleicht noch heutzutage einzellige Organismen giebt, aus deren Form wir annähernd auf die einzellige Ahnenform der vielzelligen Organismen schliessen dürfen? Die Antwort auf diese Frage lautet: Allerdings! Ganz gewiss giebt es noch jetzt einzellige Organismen, die ihrer ganzen Beschaffenheit nach eigentlich weiter nichts als eine permanente Eizelle sind: es giebt selbstständige einzellige Organismen, die sich nicht weiter entwickeln, die als einfache Zellen ihr ganzes Leben vollbringen und sich als solche fortpflanzen, ohne zu weiterer Entwickelung zu gelangen. Wir kennen jetzt eine grosse Anzahl solcher einzelligen Organismen, z.B. die Gregarinen, Acineten, Infusorien u.s.w. Allein einer unter ihnen interessirt uns vor allen anderen, weil er bei jener Frage sofort in den Vordergrund tritt, und als die der Stammform am meisten sich annähernde einzellige Urform angesehen werden muss. Dieser Organismus ist die **Amoebe**.

Unter dem Namen **Amoeba** fasst man schon seit langer Zeit gewisse einzellige Organismen zusammen, welche keineswegs selten sind, sondern im Gegentheil sehr verbreitet vorkommen, namentlich im süssen Wasser, aber auch im Meere; neuerdings hat man sie auch als Bewohner der feuchten Erde kennen gelernt. Wenn man eine solche lebende Amoebe in einem Tropfen Wasser unter das Mikroskop bringt und bei starker Vergrösserung betrachtet, so erscheint dieselbe gewöhnlich als ein rundliches Körperchen von ganz unregel-

mässiger und wechselnder Form (Fig. 7). In der weichen, schleimigen, halbflüssigen Körpermasse, die aus Protoplasma besteht, bemerken wir weiter nichts, als ein darin eingeschlossenes, festeres oder bläschenförmiges Körperchen, den Zellenkern. Dieser einzellige Körper bewegt sich nun selbstständig und kriecht auf dem Glase, auf welchem wir ihn betrachten, nach verschiedenen Richtungen umher. Die Ortsbewegung geschieht dadurch, dass der formlose Körper an verschiedenen Theilen seines Umfanges fingerartige Fortsätze ausstreckt, welche in langsamem aber beständigem Wechsel begriffen sind, und die übrige Körpermasse nach sich ziehen. Nach einiger Zeit kann das Schauspiel sich ändern; die Amoebe steht plötzlich still, zieht ihre Vorsätze ein und zieht sich in Kugelform zusammen. Bald aber beginnt sich das Schleimkügelchen wieder auszubreiten, nach einer andern Richtung hin Fortsätze auszustrecken und sich aufs Neue fortzubewegen. Diese Fortsätze heissen Scheinfüsse oder Pseudopodien, weil sie sie sich physiologisch wie Füsse verhalten und doch keine besonderen Organe in morphologischem Sinne sind. Denn sie vergehen eben so rasch, als sie entstehen, und sind weiter nichts als veränderliche Fortsätze der homogenen und structurlosen Körpermasse.



Fig. 7.

Wenn man eine solche kriechende Amoebe mit einer Nadel berührt oder wenn man einen Tropfen Säure dem Wasser zusetzt, so zieht in Folge dieses mechanischen oder chemischen Reizes der ganze Körper sich sofort zusammen. Gewöhnlich nimmt der Körper dann wieder Kugelgestalt an. Unter gewissen Umständen, z. B. wenn die Verunreinigung des Wassers länger andauert, beginnt auch wohl die Amoebe sich einzukapseln. Sie schwitzt eine homogene Hülle oder Kapsel aus, die alsbald erhärtet, und erscheint nun im Ruhezustand als eine kugelige Zelle, die von einer schützenden Membran umgeben ist. Ihre Nahrung nimmt die einzellige Amoebe entweder dadurch

---

Fig. 7. Eine kriechende Amoebe (stark vergrössert). Der ganze Organismus hat den Formenwerth einer einfachen nackten Zelle und bewegt sich mittelst der veränderlichen Fortsätze umher, welche von seinem Protoplasma-Körper ausgestreckt und wieder eingezogen werden. Im Innern desselben ist der kugelige Zellkern oder Nucleus verborgen.

auf, dass sie unmittelbar aus dem Wasser aufgelöste Stoffe durch Imbibition aufsaugt, oder dadurch, dass sie fremde feste Körperchen, mit denen sie in Berührung kommt, in sich hineindrückt. Dies letztere kann man jeden Augenblick beobachten, indem man sie zum Fressen nöthigt. Wenn man fein pulverisirte Farbstoffe, z. B. Carmin, Indigo, sehr fein zertheilt in das Wasser bringt, dann sieht man, wie der weiche Körper der Amoebe diese Farbstoffkörnchen in sich hineindrückt, wie die weiche Zellsubstanz über den Körnchen zusammenfliesst. Die Amoebe kann so auf jeder Stelle ihrer Körperoberfläche Nahrung aufnehmen, ohne dass irgend welche besondere Organe der Nahrungsaufnahme und Verdauung existiren, ohne dass ein wahrer Mund und Darm vorhanden ist. Indem nun die Amoebe auf solche Weise Nahrung aufnimmt und die gefressenen Körperchen in ihrem Protoplasma auflöst, wächst sie; und nachdem sie durch fortgesetzte Nahrungsaufnahme ein gewisses Maass des Umfangs erreicht hat, tritt ihre Fortpflanzung ein. Diese geschieht in der einfachsten Weise durch Theilung. Zunächst zerfällt der innere Kern in zwei Stücke. Dann theilt sich auch das Protoplasma zwischen den beiden neuen Kernen und die ganze Zelle zerfällt in zwei Tochterzellen, indem der Zellstoff um jeden der beiden Kerne sich ansammelt. Das ist die gewöhnliche Weise der Fortpflanzung, durch die sich überhaupt die meisten Zellen vermehren: es theilt sich zunächst der Zellenkern in zwei Stücke, und dann erst der Zellstoff (Fig. 3, S. 102).

Obgleich die Amoebe also weiter nichts als eine einfache Zelle ist, so zeigt sie sich dennoch im Stande, alle Funktionen des vielzelligen Organismus für sich zu vollstrecken. Sie bewegt sich kriechend, sie empfindet, sie ernährt sich, sie pflanzt sich fort. Es giebt Arten von solchen Amoeben, die man mit blossem Auge ganz gut sehen kann; die meisten Arten aber sind mikroskopisch klein. Weshalb wir nun gerade die Amoeben als diejenigen einzelligen Organismen betrachten, deren phylogenetische Beziehungen zur Eizelle besonders wichtig sind, das ergiebt sich aus folgenden Thatsachen. Bei vielen niederen Thieren bleibt die Eizelle bis zur Befruchtung in ihrem ursprünglichen nackten Zustande, bekommt keine Hüllen und ist dann oft gar nicht von einer Amoebe zu unterscheiden. Gleich den letzteren können auch diese nackten Eizellen Fortsätze ausstrecken und sich umher bewegen. Bei den Schwämmen oder Spongien kriechen sogar diese beweglichen Eizellen im mütterlichen Organismus

wie selbstständige Amoeben frei umher (Fig. 8). Sie sind hier schon von früheren Naturforschern beobachtet, aber für fremde Organismen, nämlich für parasitische Amoeben gehalten worden, die als schmarotzende Eindringlinge im Körper des Schwammes leben. Erst später hat man erkannt, dass diese angeblichen einzelligen Parasiten oder Schmarotzer nichts weiter sind, als die Eizellen des Schwammes selbst. Dieselbe merkwürdige Erscheinung finden wir auch bei anderen niederen Thieren, z. B. bei den zierlichen glockenförmigen Pflanzenthieren, die wir Medusen nennen: auch bei ihnen bleiben die Eier nackte, hüllenlose Zellen, welche amoebenartige Fortsätze ausstrecken, sich ernähren, bewegen, und aus denen sich nach erfolgter Befruchtung durch wiederholte Theilung unmittelbar der vielzellige Medusenorganismus entwickelt.



Fig. 8.

Es ist also gewiss keine gewagte Hypothese, sondern eine ganz nüchterne Schlussfolgerung, wenn wir gerade die Amoebe als denjenigen einzelligen Organismus betrachten, welcher uns eine ungefähre Vorstellung von der alten gemeinsamen einzelligen Stammform aller vielzelligen Organismen giebt. Die nackte einfache Amoebe besitzt einen indifferenteren und ursprünglicheren Charakter als die meisten anderen Zellen. Dazu kommt noch der Umstand, dass auch im erwachsenen Körper aller vielzelligen Thiere durch neuere Untersuchungen überall solche amoebenartige Zellen nachgewiesen worden sind. Sie finden sich z. B. im Blute des Menschen neben den rothen Blutzellen als sogenannte farblose Blutzellen; ebenso bei allen anderen Wirbelthieren. Auch bei vielen Wirbellosen kommen sie vor, z. B. im Blute der Schnecken; und hier habe ich schon 1859 nachgewiesen, dass auch diese farblosen Blutzellen, ganz gleich den selbstständigen Amoeben, geformte feste Körperchen aufnehmen, also fressen können. (Fig. 9.) Neuerdings hat man die Erfahrung gemacht, dass eine Masse verschiedener Zellen, wenn sie nur Raum haben, im Stande sind, dieselben Bewegungen auszuführen, zu fressen und sich durchaus wie Amoeben zu verhalten. (Fig. 4, S. 103.)

Fig. 8. Eizelle eines Kalkschwammes (Olynthus). Die Eizelle bewegt sich kriechend im Körper des Schwammes umher, indem sie formwechselnde Fortsätze ausstreckt. Sie ist von einer gewöhnlichen Amoebe nicht zu unterscheiden.

Die Fähigkeit zu diesen charakteristischen amoebenartigen Bewegungen der nackten Zellen beruht auf der Contractilität (oder automatischen Beweglichkeit) des Protoplasma. Dieselbe scheint eine allgemeine Lebenseigenschaft aller jugendlichen Zellen zu sein. Wo dieselben nicht von einer



Fig. 9.

festen Membran umschlossen oder in ein „Zellengefängniss" eingesperrt sind, da können sie auch solche „amoeboide Bewegungen" ausführen. Das gilt von den nackten Eizellen so gut wie von anderen nackten Zellen, von den „Wanderzellen" verschiedener Art u. s. w.

Durch diese Untersuchung der Eizelle und ihre Vergleichung mit der Amoebe haben wir sowohl für die Keimesgeschichte wie für die Stammesgeschichte die festeste und sicherste Basis gewonnen. Wir sind dadurch zu der Ueberzeugung gelangt, dass das menschliche Ei eine ganz einfache Zelle ist, dass sich diese Eizelle von derjenigen der übrigen Säugethiere gar nicht unterscheidet, und dass wir daraus auf eine uralte einzellige Stammform zurückschliessen müssen, die einer Amoebe im Wesentlichen gleich gebildet war.

Die Behauptung, dass die ältesten Vorfahren des Menschengeschlechts solche einfache Zellen waren, die gleich der Amoebe ihr selbst-

---

Fig. 9. Fressende Blutzellen einer nackten Seeschnecke (Thetis) stark vergrössert. An den Blutzellen dieser Schnecke ist von mir zum ersten Male die wichtige Thatsache beobachtet worden, dass „die Blutzellen der wirbellosen Thiere hüllenlose Protoplasmaklumpen sind, und mittelst ihrer eigenthümlichen Bewegungen, wie die Amoeben, feste Stoffe in sich aufnehmen", also „fressen" können. Ich hatte (am 10. Mai 1859) in Neapel die Blutgefässe einer solchen Schnecke mit pulverisirtem und in Wasser fein zertheiltem Indigo injicirt und war nicht wenig erstaunt, nach einigen Stunden die Blutzellen selbst mit den feinen Indigo-Körnchen mehr oder weniger gefüllt zu finden. Bei wiederholten Injections-Versuchen gelang es mir, „die Aufnahme der Farbstofftheilchen selbst in das Innere der Blutzellen zu beobachten, welche ganz in der gleichen Weise wie bei den Amoeben erfolgt." Das Nähere darüber habe ich in meiner Monographie der Radiolarien mitgetheilt (1862, S. 104, 105).

ständiges einzelliges Dasein führten, ist nicht allein als eine leere naturphilosophische Träumerei verspottet, sondern auch in theologischen Zeitschriften als „abscheulich, empörend und unsittlich" mit Entrüstung zurückgewiesen worden. Wie ich aber schon in meinen Vorträgen „über die Entstehung und den Stammbaum des Menschengeschlechts" bemerkt habe, muss dieselbe fromme Entrüstung dann mit gleichem Rechte auch die „abscheuliche, empörende und unsittliche" Thatsache treffen, dass sich jedes menschliche Individuum aus einer einfachen Eizelle entwickelt und dass diese menschliche Eizelle nicht von derjenigen der übrigen Säugethiere zu unterscheiden ist. Diese Thatsache können wir jeden Augenblick unter dem Mikroskope demonstriren, und es hilft Nichts, wenn man sich vor dieser „unsittlichen" Thatsache die Augen zuhält. Sie bleibt eben so unwiderleglich, wie die wichtigen Folgeschlüsse, welche wir daran geknüpft haben.

Die noch heute lebenden Amoeben und die verwandten einzelligen Organismen: Arcellen, Gregarinen u. s. w. sind für diese Folgeschlüsse deshalb von hohem Interesse, weil sie uns die einzelne Zelle in permanenter Selbständigkeit vorführen. Hingegen ist der Organismus des Menschen und der höheren Thiere nur in seinem frühesten Jugendzustande einzellig. Sobald aber die Eizelle befruchtet ist, vermehrt sie sich durch Theilung und bildet eine Gemeinde oder Colonie von vielen socialen Zellen. Diese sondern oder differenziren sich, und durch Arbeitstheilung der Zellen, durch verschiedenartige Ausbildung derselben entstehen dann die mannichfachen Gewebe, welche die verschiedenen Organe zusammensetzen. Der entwickelte vielzellige Organismus des Menschen und aller höheren Thiere und Pflanzen stellt dann eine sociale staatliche Gemeinschaft dar, deren zahlreiche einzelne Individuen zwar sehr verschieden ausgebildet sind, aber doch ursprünglich nur ganz einfache Zellen von gleichartiger Beschaffenheit waren.

Siebenter Vortrag.

Die Functionen der Entwickelung und die Befruchtung.

„Wenn der Naturforscher dem Gebrauche der Geschichtsschreiber und Kanzelredner zu folgen liebte, ungeheure und in ihrer Art einzige Erscheinungen mit dem hohlen Gepränge schwerer und tönender Worte zu überziehen, so wäre hier der Ort dazu: denn wir sind an eines der grossen Mysterien der thierischen Natur getreten, welche die Stellung des Thieres gegenüber der ganzen übrigen Erscheinungswelt enthalten. Die Beziehung des Mannes und des Weibes zur Eizelle zu erkennen, heisst fast so viel, als alle jene Mysterien lösen. Die Entstehung und Entwickelung der Eizelle im mütterlichen Körper, die Uebertragung körperlicher und geistiger Eigenthümlichkeiten des Vaters durch den Samen auf dieselbe berühren alle Fragen, welche der Menschengeist je über des Menschen Sein aufgeworfen hat."

RUDOLPH VIRCHOW (1848).

Inhalt des siebenten Vortrages.

Entwickelung des vielzelligen Organismus aus dem einzelligen. Der Zellen-Einsiedler und der Zellen-Staat. Die Grundzüge der Staatenbildung. Die Arbeitstheilung oder Differenzirung der Individuen als Maassstab für den erlangten Grad der Vervollkommnung. Parallelismus der Vorgänge bei der individuellen und der phyletischen Entwickelung. Die Functionen der Entwickelung. Ernährung. Anpassung. Wachsthum. Einfaches und zusammengesetztes Wachsthum. Fortpflanzung. Ungeschlechtliche und geschlechtliche Fortpflanzung. Vererbung. Arbeitstheilung oder Differenzirung. Rückbildung. Verwachsung oder Concrescenz. Die Funktionen der Entwickelung sind von der Physiologie noch sehr wenig untersucht und daher der Entwickelungs-Process überhaupt oft ganz falsch beurtheilt worden. Die Entwickelung des Bewusstseins und die Grenzen der Naturerkenntniss. Sprungweise und allmähliche Entwickelung. Die Befruchtung. Die geschlechtliche Zeugung. Eizelle und Spermazelle. Die Theorie der Samenthierchen. Geisselzellen. Vermischung der männlichen Spermazelle mit der weiblichen Eizelle.

VII.

Meine Herren!

Durch die klare Erkenntniss, dass jedes menschliche Individuum im Beginne seiner Existenz eine einfache Zelle ist, dass diese Zelle ganz eben so gebaut ist wie die Eizelle der übrigen Säugethiere, und dass die Entwickelungsformen, die aus dieser Zelle hervorgehen, beim Menschen und den übrigen höheren Säugethieren zunächst ganz dieselben sind, schaffen wir uns das feste Fundament, von dem aus wir diese weiteren Entwickelungsvorgänge verfolgen können. Wir haben dadurch erstens für den empirischen Theil der Entwickelungsgeschichte, für die unmittelbar mittelst des Mikroskopes zu verfolgenden Thatsachen der Ontogenese, die für unsere Beurtheilung derselben sehr wichtige Ueberzeugung gewonnen, dass der vielzellige entwickelte Organismus mit allen seinen verschiedenen Organen beim Menschen ebenso wie bei den übrigen Thieren aus einer einzigen einfachen Zelle hervorgeht. Zweitens haben wir dadurch für die Phylogenese, für den speculativen Theil der Entwickelungsgeschichte, der sich auf jene Thatsachen stützt, den Schluss erreicht, dass auch die ursprüngliche Stammform des Menschen wie der übrigen Thiere ein einzelliger Organismus war. Das ganze schwierige Problem der Entwickelungsgeschichte ist also jetzt dadurch auf die einfache Frage zurückgeführt: „Wie ist aus dem einfachen einzelligen Organismus der zusammengesetzte vielzellige Organismus entstanden? Durch welche natürlichen Vorgänge hat sich aus einer einfachen Zelle jener complicirte Lebens-Apparat mit allen seinen mannichfaltigen Organen hervorgebildet, dessen scheinbar sinnreiche und zweckmässige Construction wir in dem entwickelten Körper bewundern?"

Indem wir uns jetzt zur Beantwortung dieser Frage wenden, müssen wir vor Allem die bereits angedeutete Anschauung festhalten, dass der vielzellige Organismus durchaus nach denselben Gesetzen

aufgebaut und zusammengesetzt ist, wie ein civilisirter Staat, in welchem sich viele verschiedene Staatsbürger zu verschiedenen Leistungen und zu gemeinsamen Zwecken verbunden haben. Dieser Vergleich ist von der grössten Bedeutung für das ganze Verständniss der Zusammensetzung des Menschen aus vielen verschiedenartigen Zellen, und für das Verständniss des harmonischen Zusammenwirkens dieser verschiedenen Zellen zu einem scheinbar vorbedachten Zwecke. Wenn wir diesen Vergleich festhalten, und diese bedeutungsvolle Auffassung des vielzelligen entwickelten Organismus als eines staatlichen Verbandes von vielen Individuen auf seine Entwickelungsgeschichte anwenden, so gelangen wir zu dem richtigen Verständniss von dem eigentlichen Wesen der ersten und wichtigsten Entwickelungsvorgänge. Ja wir können sogar bei tieferem Nachdenken die ersten Stadien der Entwickelung errathen und a priori feststellen, ohne dass wir zunächst die Beobachtung, die Erkenntniss a posteriori, zu Hülfe nehmen.

Wir wollen einmal zunächst diesen umgekehrten Weg einschlagen und nicht, wie wir später thun werden, erst die Thatsachen der Ontogenesis betrachten und daran die phylogenetische Deutung knüpfen. Lassen Sie uns vielmehr hier umgekehrt versuchen zu errathen, wie sich die Entwickelung gestalten müsste, wenn jener fundamentale Vergleich richtig ist. Wenn dann nachher die Thatsachen der Ontogenesis unsere Voraussetzungen bestätigen, so werden wir nur um so sicherer von der unumstösslichen Wahrheit unserer phylogenetischen Schlüsse überzeugt sein. Wir werden dann in dieser Uebereinstimmung eine so glänzende Rechtfertigung unserer Anschauungen finden, wie sie kaum auf anderem Wege gewonnen werden könnte.

Lassen Sie uns daher jetzt zunächst die Frage beantworten: „Wie wird sich, vorausgesetzt die Richtigkeit des biogenetischen Grundgesetzes, im Beginne des organischen Lebens auf der Erde (im Beginne der Schöpfung, wie man gewöhnlich sagt) der ursprüngliche einzellige Organismus verhalten haben, welcher den ersten Zellenstaat gründete und somit der Stammvater der vielzelligen höheren Organismen wurde?“ Die Antwort ist sehr einfach. Er muss sich ganz ebenso verhalten haben, wie ein nach bewussten Zwecken handelndes menschliches Individuum, welches einen Staat oder eine Colonie gründet. Verfolgen wir diesen Vorgang in seiner einfachsten

Form, wie er z. B. in dem inselreichen pacifischen Ocean bei Bevölkerung der isolirten Inseln leicht stattgefunden haben kann. Ein Südsee-Insulaner, der mit seiner Frau in einem Boot auf den Fischfang ausgefahren ist, wird von einem Sturm überrascht, weit fortgeführt und endlich an eine weit entfernte, bisher völlig unbewohnte Insel angetrieben. Dieses „erste Menschen-Paar", das auf dem einsamen Eiland isolirt bleibt und die Rolle von Adam und Eva spielt, erzeugt eine zahlreiche Nachkommenschaft und bildet so den Grundstamm für die künftige Bewohnerschaft der Insel. Ohne alle Hülfsmittel, wie sie sind, ohne die zahlreichen Unterstützungsmittel, welche die Gründer fortgeschrittener Cultur-Staaten besitzen, werden die Nachkommen dieses isolirten Wilden-Paares sich zunächst als echte Wilde entwickelt haben. Ihr einziger Lebenszweck wird Jahrhunderte hindurch so einfach geblieben sein, wie bei den niederen Thieren und Pflanzen: der einfache Zweck der Selbsterhaltung und der Erzeugung von Nachkommenschaft: sie werden sich mit den allereinfachsten organischen Functionen: der Ernährung und der Fortpflanzung begnügt haben. Hunger und Liebe sind ihre einzigen Triebfedern.

Lange, lange Zeit hindurch werden diese Wilden, die sich über die ganze Insel zerstreuten, alle nur den gleichen einfachen Zweck der Selbsterhaltung verfolgt haben. Allmählich aber häuften sich mehrere Familien an einzelnen Stellen an, es entstanden grössere G e m e i n d e n und nun begannen sich vielfache Wechselbeziehungen zwischen den ndividuen, und in Folge dessen die ersten Anfänge der A r b e i t s t h e i l u n g zu entwickeln. Einzelne Wilde blieben bei dem Fischfang und der Jagd, Andere fingen an das Land zu bebauen, noch andere übernahmen die Pflege der sich entwickelnden Religion und Medicin u. s. w. Kurz es sonderten oder differenzirten sich in Folge fortschreitender Arbeitstheilung die verschiedenen Stände oder Kasten, die in dem weiter entwickelten Staate sich immer schärfer von einander abgrenzen, die alle sich in verschiedene Aufgaben theilen und doch für den Zweck des Ganzen zusammenwirken. So entsteht allmählich aus der Nachkommenschaft eines einzigen Menschen-Paares zuerst eine einfache Gemeinde von ursprünglich gleichartigen Indviduen. später ein mehr oder weniger geordnetes staatliches Gemeinwesen. In diesem können wir die mehr oder weniger fortgeschrittene A r b e i t s t h e i l u n g d e r I n d i v i d u e n oder die so-

genannte Differenzirung geradezu als Maassstab für den Entwickelungsgrad der Cultur betrachten.

Der hier kurz angedeutete Vorgang, den Sie sich leicht selbst im Einzelnen weiter ausmalen können, wird nun in ganz ähnlicher Weise vor vielen Millionen Jahren stattgefunden haben, als im Beginne des organischen Lebens auf der Erde sich zuerst einzellige, später vielzellige Organismen entwickelten. Zuerst haben die einzelnen Zellen, welche durch Fortpflanzung aus der ältesten Stammzelle entstanden, isolirt für sich gelebt; jede verfolgte dieselben einfachen Aufgaben, wie alle anderen; sie begnügte sich mit der Selbsterhaltung, Ernährung und Fortpflanzung. Später sammelten sich isolirte Zellen zu Gemeinden. Gruppen von einfachen Zellen, die durch wiederholte Theilung einer Zelle entstanden, blieben beisammen, und nun fingen sie allmählich an, sich in verschiedene Lebensaufgaben zu theilen. Bald traten so die ersten Spuren einer Sonderung, Differenzirung oder Arbeitstheilung ein, indem die eine Zelle diese, die andere jene Aufgabe ergriff. Die einen Zellen werden sich wesentlich den Geschäften der Nahrungsaufnahme oder der Ernährung gewidmet, andere Zellen werden sich nur mit der Fortpflanzung beschäftigt, noch andere Zellen werden sich zu Schutzorganen der kleinen Gemeinde herausgebildet haben u. s. w. Kurz es werden verschiedene Stände oder Kasten in dem Zellenstaate entstanden sein, die verschiedene Lebensaufgaben verfolgten und doch für den Zweck des Ganzen zusammen wirkten. Je weiter diese Arbeitstheilung vorschritt, desto vollkommener oder „civilisirter“ wurde der vielzellige Organismus, der differenzirte Zellenstaat.

Wenn Sie in dieser Weise jenen Vergleich weiter verfolgen, so können Sie a priori behaupten, dass in Folge der Wechselbeziehungen, welche der Kampf um's Dasein und das Zusammenleben vieler organischer Einzelwesen an einem gemeinsamen Wohnorte bedingt, im Beginne der organischen Erdgeschichte zuerst aus einem einzelligen Organismus eine vielzellige Gemeinde von lauter gleichartigen Individuen entstand, dass später zwischen diesen gleichartigen Zellen eine Arbeitstheilung eintrat, und dass endlich in Folge fortschreitender Sonderung derselben ein verwickelter vielzelliger Organismus mit vielen verschiedenen Organen entstand, die alle für den Zweck des Ganzen zusammenwirken. Um diesen bedeutungsvollen Vergleich recht zu würdigen, würde es nöthig sein, hier sehr speciell auf die Lehre

von der Arbeitstheilung oder Differenzirung einzugehen, die gegenwärtig in der Biologie eine sehr wichtige Rolle spielt, besonders seitdem wir durch DARWIN's Selections-Theorie ihre wahren Ursachen verstehen gelernt haben. Indessen muss ich Sie bezüglich der näheren Ausführung, die uns hier zu weit abführen würde, auf DARWIN's Lehre von der Divergenz des Charakters und auf meinen Vortrag über Arbeitstheilung verweisen. Theilweise werden wir noch später darauf zurückkommen[26]).

Zunächst wollen wir jetzt vielmehr untersuchen, ob die phylogenetischen Voraussetzungen, die wir hier a priori gemacht haben, mit den Thatsachen übereinstimmen, welche die Ontogenesis uns vor Augen führt; ob auch wirklich bei der individuellen Entwickelung der Organismen aus der Eizelle dieselben Erscheinungen zu Tage treten, die wir hier in jenem Vergleich als nothwendig vorausgesetzt haben. Hier ist nun das Resultat im schönsten Einklang mit unseren Folgerungen, und wir finden, dass die Thatsachen der individuellen Entwickelung, wie wir sie mit unseren Augen unter dem Mikroskop verfolgen können, in der That vollkommen dem Bilde entsprechen, welcher wir uns vorher a priori von dem phylogenetischen Entwickelungs-Process entworfen haben. Zu unserer Ueberraschung zeigt sich nämlich, dass die ersten Vorgänge, welche bei der Entwickelung des Individuums aus der Eizelle eintreten, und dass auch die weiteren einfachen Entwickelungsvorgänge die zunächst zu beobachten sind, ganz mit den Vorgängen übereinstimmen, die wir soeben bei der historischen Entwickelung einer Colonie von Wilden verfolgt und für die ersten phylogenetischen Processe bei der Entstehung eines vielzelligen Organismus gefordert haben.

Im Beginne der individuellen Entwickelung entsteht zunächst aus der einfachen Eizelle durch wiederholte Theilung ein Haufen von gleichartigen Zellen. Wir können diese geradezu einer Gemeinde von Wilden vergleichen, die noch nicht civilisirt sind. Diese gleichartigen Zellen vermehren sich weiter und es entstehen immer grössere Zellenhaufen. Wie in unserem Gleichniss jene ganze Wilden-Colonie aus der Nachkommenschaft eines einzigen isolirten Menschen-Paares hervorging, so sind auch alle die gleichartigen Zellen dieses Haufens (die wir nachher unter dem Namen „Furchungskugeln" näher kennen lernen werden) die stammverwandten Nachkommen eines einzigen

Zellenpaares. Ihr gemeinsamer Stammvater ist die männliche Spermazelle und ihre Stammmutter die weibliche Eizelle.

Anfangs sind alle diese zahlreichen Zellen, die aus der wiederholten Theilung der befruchteten Eizelle entstanden, ganz gleich und nicht zu unterscheiden. Allmählich aber tritt unter ihnen Arbeitstheilung ein, indem sie verschiedene Aufgaben übernehmen. Die einen besorgen die Ernährung, andere die Fortpflanzung, andere den Schutz, andere die Locomotion u. s. w. Wenn wir das gleich in die Sprache der Gewebelehre übersetzen, so können wir sagen; die einen von diesen Zellen werden zu Darmzellen, die anderen zu Muskelzellen, noch andere zu Knochenzellen, zu Nervenzellen, zu den Zellen der Sinnesorgane, zu den Zellen der Fortpflanzungsorgane u. s. f. Wir sehen also, dass der ganze individuelle Entwickelungsgang im wesentlichen jenem vorausgesetzten phylogenetischen Entwickelungsgange entspricht und darin finden wir eine glänzende Bestätigung unseres biogenetischen Grundgesetzes.

Diese Betrachtung leitet uns naturgemäss auf eine kurze Untersuchung der physiologischen Functionen oder Lebensthätigkeiten, welche überhaupt bei der individuellen, wie bei der phylogenetischen Entwickelung in Frage kommen. Scheinbar durchkreuzen und verflechten sich hier eine Menge von verwickelten Processen, und doch lassen sich eigentlich diese alle auf wenige einfache Functionen des Organismus zurückführen. Diese Functionen oder Lebens-Verrichtungen sind 1) die Ernährung: 2) die Anpassung; 3) das Wachsthum; 4) die Fortpflanzung; 5) die Vererbung: 6) die Arbeitstheilung oder Differenzirung: 7) die Rückbildung und 8) die Verwachsung. Die bei weitem wichtigsten von diesen acht Entwickelungsfunctionen, die vorzugsweise als die formbildenden Functionen gelten müssen, sind die Vererbung, die Anpassung und das Wachsthum.

Als die erste und nothwendigste Function der Entwickelung können wir die Ernährung bezeichnen. Wie bei allen anderen Lebens-Erscheinungen, so wird auch bei denjenigen der Entwickelung beständig Stoff oder Körpermasse verbraucht und der dadurch veranlasste Stoff-Verlust wird durch Zuführung neuer Substanz oder Nahrung ersetzt. Dieser beständige Stoffwechsel, die Aufnahme und Aneignung neuer Nährstoffe, die Ausscheidung verbrauchter Körpertheilchen, kurz alle die Vorgänge, die man unter dem Hauptbegriff der Ernährung zusammenfasst, sind für die Vorgänge der Entwicke-

lung eben so nothwendige Vorbedingungen, wie für alle übrigen Lebens-Thätigkeiten; sie sind eben so unentbehrlich für die Entwickelung der einzelnen Zelle, wie für diejenige des ganzen vielzelligen Organismus. Die Ernährung der einzelnen Zellen geschieht gewöhnlich dadurch, dass ihre weiche, festflüssige Zellsubstanz aus den umgebenden Säften ihr Nahrungs-Material in flüssiger Form aufsaugt, seltener dadurch, dass sie (gleich den Amoeben) feste geformte Körperchen in sich hineindrücken oder „fressen". (Vergl. oben Fig. 9, S. 113.) Ebenso geschieht auch die Ausscheidung der verbrauchten Stoffe meistens in flüssiger, seltener in fester Form.

Unmittelbar mit der Ernährung hängt zweite dnsie hochwichtige Lebens-Function der Anpassung zusammen, welche bei der fortschreitenden Entwickelung der Organismen die grösste Rolle spielt und eigentlich die erste Vorbedingung für jeden Fortschritt und für jede Vervollkommnung des Organismus ist. Die Anpassung vermittelt alle die Abänderungen oder Variationen, welche die organischen Formen unter dem Einflusse der äusseren Existenz-Bedingungen erleiden: sie ist die eigentliche Ursache jeder Abänderung. Da ich die Bedeutung der Abänderung und die verschiedenen Gesetze der Anpassung schon ausführlich in meiner Natürlichen Schöpfungsgeschichte erörtert habe, kann ich hier auf eine weitere Besprechung derselben verzichten und mache Sie nur noch darauf aufmerksam, dass alle diese verschiedenen Anpassungsgesetze füglich unter die beiden dort unterschiedenen Reihen gebracht werden können, einerseits die indirecte oder potentielle Anpassung, anderseits die directe oder actuelle Anpassung. Dass alle diese mannigfaltigen und wichtigen Erscheinungen sich von physiologischem Gesichtspunkte aus auf die mechanische Function der Ernährung und zwar auf die elementaren Ernährungs-Verhältnisse der Zellen zurückführen lassen, habe ich zuerst in meiner Generellen Morphologie bewiesen (Band II, S. 193—226).

Diejenige Lebenserscheinung, welche bei der Entwickelung der organischen Individuen die grösste Rolle spielt und recht eigentlich als die Fundamental-Function der Entwickelung betrachtet werden kann, ist das Wachsthum. Diese Function ist für die Ontogenese von solcher Bedeutung, dass Baer sogar das allgemeinste Resultat seiner classischen Untersuchungen in dem einen Satze ausspricht: „Die Entwickelungsgeschichte des Individuums ist die

Geschichte der wachsenden Individualität in jeglicher Beziehung." Im Grunde lässt sich auch das Wachsthum, ebenso wie die Anpassung, auf die allgemeinere Function der Ernährung zurückführen: „Das Wachsthum ist Ernährung mit Bildung neuer Körpermasse." Anderseits kann aber das Wachsthum selbst auch als eine allgemeine Function der Naturkörper betrachtet werden, weil dasselbe eben so den anorganischen („leblosen"), wie den organischen („belebten") Naturkörper zukommt. Bei den ersteren, den Mineralien, ist dasselbe sehr oft eigentlich die einzige Function ihrer Entwickelung. Gerade deshalb ist das Wachsthum besonders interessant, weil es ebenso für das anorganische Individuum, den Krystall, wie für das einfachste organische Individuum, die erste Vorbedingung weiterer Entwickelung ist. Wachsthum ist zunächst ganz allgemein: Ansatz gleichartiger Körpermasse. So wächst der anorganische Krystall, indem er aus der Flüssigkeit, in welcher er sich befindet, gleichartige Bestandtheile anzieht, die dann aus der flüssigen in die feste Form übergehen. Ebenso wächst auch das einfachste organische Individuum, die Zelle, indem sie aus dem umgebenden Medium, gewöhnlich einer Flüssigkeit, diejenigen Bestandtheile an sich zieht und in festflüssige Form überführt, welche ihr mehr oder weniger gleichartig sind. Der Unterschied im Wachsthum der Krystalle und der einfachen organischen Individuen, der Zellen, besteht nur darin, dass erstere die neue Körpermasse äusserlich ansetzen, letztere sie innerlich aufnehmen. Dieser wesentliche Unterschied ist durch den verschiedenen Dichtigkeits-Zustand oder Aggregat-Zustand der beiderlei Körpergruppen bedingt. Die anorganischen Körper befinden sich entweder im festen oder im flüssigen oder im gasförmigen Zustande. Sie wachsen durch Apposition. Die organischen Körper befinden sich hingegen in dem vierten, dem weichen oder festflüssigen Aggregat-Zustande. Sie wachsen durch Intussusception [27].

Jenes individuelle oder tropische Wachsthum ist aber nur die einfache oder directe Form des Wachsthums, wie sie den Krystallen und den einfachen organischen Individuen erster Ordnung gemeinsam ist. Dieser einfachen Form steht zweitens das zusammengesetzte oder numerische Wachsthum gegenüber, welches wir im Laufe der Entwickelung bei allen vielzelligen Organismen, bei allen Individuen zweiter oder höherer Ordnung wahrnehmen. Hier wächst nicht, wie man denken könnte, die Zelle einfach fort, bis das

ganze grosse organische Individuum mit allen seinen Theilen gebildet ist; sondern nachdem die Zelle ein gewisses, sehr geringes Maass der Grösse erreicht hat, überschreitet sie dasselbe nicht mehr, sondern zerfällt durch Theilung in zwei Zellen. Indem sich dieser Process des zusammengesetzten Wachsthums vielfach wiederholt, entsteht schliesslich ein vielzelliger Körper, der vielmals grösser ist, als die grössten Zellen. Hier ist das Wachsthum des grösser werdenden Organismus also nicht bloss Ansatz homogener Theile mehr, sondern beruht eigentlich auf der Zeugung, d. h. auf der Vermehrung des ursprünglich einfachen Individuums.

Dieser ausserordentlich wichtige Process liefert uns zugleich das causale Verständniss von dem Wesen der Fortpflanzung oder elterlichen Zeugung, die demnach eigentlich als eine selbstständige vierte Entwickelungs-Function betrachtet werden muss. Allerdings lässt sich auch sie wieder auf die vorigen Functionen zurückführen. Denn im Grunde ist „die Fortpflanzung eine Ernährung und ein Wachsthum des Organismus über das individuelle Maass hinaus, welche einen Theil desselben zum Ganzen erhebt" (Generelle Morphologie, Band II, Seite 16). Es hängen also diese beiden Functionen ganz innig zusammen. Die elterliche Zeugung oder Fortpflanzung ist nur eine Fortsetzung des individuellen Wachsthums. Dieses beruht aber in seiner zusammengesetzten Form selbst wieder auf der Zeugung, der Vermehrung der constituirenden einfachen Individuen. Während einerseits die Fortpflanzung nur als ein Wachsthum des Individuums über sein individuelles Maass hinaus erscheint, so lässt sich anderseits das zusammengesetzte Wachsthum auf die Fortpflanzung der einfachen Individuen erster Ordnung zurückführen. Diese Auffassung führt uns zu einem klaren Verständniss der Fortpflanzung und damit auch der Vererbung, die sonst als ein räthselhafter und dunkler Vorgang erscheint.

Um sich von ihrer Richtigkeit zu überzeugen, muss man von der einfachsten Form der Fortpflanzung ausgehen, von der Theilung, wie wir sie fast bei jeder Zelle sehen. Wenn die Zelle durch sehr reichliche Aufnahme von Nahrung ihr gewöhnliches Maass erreicht und überschreitet, so zerfällt sie durch Theilung in zwei Zellen. (Fig. 10). Ebenso tritt bei vielzelligen Thieren (z. B. Korallen), wenn ein gewisses individuelles Maass des Wachsthums überschritten wird, nothwendig eine Spaltung, ein Zerfall in zwei neue Individuen ein.

Von dieser einfachsten Form der Fortpflanzung ausgehend können wir die zahlreichen verwickelten Formen derselben verstehen lernen, die wir besonders bei niederen Thieren und Pflanzen antreffen. An die Theilung schliesst sich zunächst die Knospenbildung, dann die Keimknospenbildung und weiterhin die Keimzellenbildung oder Sporenbildung an. Alle diese Formen der Vermehrung werden als ungeschlechtliche Fortpflanzung oder Monogonie zusammengefasst: niemals bedarf es hier des Zusammenwirkens verschiedener Individuen, um die Entstehung neuer selbstständiger Individuen zu bewirken[25].

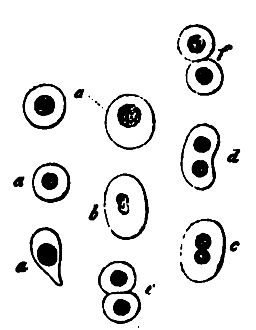


Fig. 10.

Ganz anders verhält sich die geschlechtliche Fortpflanzung oder Amphigonie. Ihr Wesen besteht darin, dass zwei verschiedene Zellen in bestimmter Weise sich verbinden und mit einander verschmelzen müssen, um die Entstehung eines neuen Individuums zu veranlassen. Da wir auf diesen geschlechtlichen Fortpflanzungsprocess gleich zurückkommen werden, wenn wir die Befruchtung des Eies betrachten, so wollen wir uns hier nicht weiter dabei aufhalten, sondern nur hervorheben, dass dieser geschlechtliche Zeugungs-Vorgang trotz seiner Eigenthümlichkeit sich doch eng an die höheren Formen der ungeschlechtlichen Zeugung und besonders an die Keimzellenbildung anschliesst. Während aber bei der letzteren sich eine einzelne Zelle aus dem Staats-Verbande des vielzelligen Organismus ablöst und die Grundlage eines neuen Individuums bildet, müssen bei der ersteren zu diesem Zwecke zwei verschiedene Elementar-Individuen, eine weibliche Eizelle und eine männliche Samenzelle sich mit einander verbinden, und in eine einzige Zellenmasse verschmelzen. Erst das so entstandene Doppel-Individuum ist im Stande, durch

---

Fig. 10. Blutzellen, welche sich durch Theilung vermehren, aus dem Blute eines jungen Hirsch-Embryo. Jede Blutzelle hat ursprünglich einen Kern und ist kugelig (*a*). Sobald sie sich vermehren will, zerfällt zunächst der Zellenkern oder Nucleus in zwei Kerne (*b*, *c*, *d*). Dann schnürt sich auch der Protoplasmakörper zwischen den beiden Kernen ein, die sich von einander entfernen (*e*). Endlich wird diese Abschnürung vollständig und die ganze Zelle zerfällt in zwei Tochterzellen (*f*). (Nach FREY.)

Theilung einen Zellenhaufen zu bilden, aus dem sich dann weiter ein neuer vielzelliger Organismus entwickelt[20]. (Vergl. den XXV. Vortrag).

Unmittelbar hängt mit der Fortpflanzung eine fünfte, höchst wichtige Entwickelungs-Function zusammen, die Vererbung. Ebenso wie wir die Anpassung auf die Ernährung zurück führen konnten, ebenso sind wir im Stande, die Vererbung als eine nothwendige Theil-Erscheinung der Fortpflanzung nachzuweisen, und zwar gilt das von beiden Reihen der Vererbungs-Gesetze, sowohl von denjenigen der conservativen (oder erhaltenden) als von denjenigen der progressiven (oder fortschreitenden) Vererbung. Da ich auch diese hochwichtigen Vererbungs-Gesetze, die mit den Anpassungs-Gesetzen in beständiger Wechselwirkung stehen, in der Natürlichen Schöpfungsgeschichte ausführlich erläutert habe, wollen wir uns hier nicht bei ihnen aufhalten. (Generelle Morphologie, Band II, S. 170—191.)

Eine sechste Entwickelungs-Function von ausserordentlicher Bedeutung, welche man aber erst in neuerer Zeit recht zu würdigen begonnen hat, ist die Arbeitstheilung oder Differenzirung. Wir haben schon vorher gesehen, dass die Arbeitstheilung nicht allein im Staatenleben und im Gemeindeleben, sondern auch ebenso in dem socialen Zellen-Verbande jedes vielzelligen Organimus die wichtigste Triebfeder für die fortschreitende Entwickelung ist. Jeder Blick in einem Gemeinde-Verband oder in eine staatliche Organisation lehrt uns ja, dass einerseits die Vertheilung der verschiedenen Aufgaben an die verschiedenen Stände der Staatsbürger und anderseits das Zusammenwirken dieser einzelnen Individuen für den gemeinsamen Staatszweck die erste Bedingung für jede höhere Entwickelung und Civilisation darstellt. Gerade so verhält es sich in jedem vielzelligen Organismus. Jedes vielzellige Individuum im Thier- und Pflanzenreiche ist um so vollkommener entwickelt, und steht um so höher, je ausgebildeter die Arbeitstheilung seiner constituirenden Elemente, der differenzirten Zellen-Individuen, ist. Bei den verschiedenen Organismen-Klassen finden wir daher diese Sonderung oder Differenzirung bald in mehr, bald in weniger ausgebildetem Zustande. Die einfachste Art der Arbeitstheilung finden wir bei denjenigen niederen Thieren, in deren Körper nur zweierlei Arten von Zellen sich gesondert haben. Das ist z. B. bei den niedersten Pflanzenthieren der Fall, bei den Schwämmen oder Spongien und bei den einfachsten Polypen, sowie bei deren gemeinsamen Stammformen, den

Gasträaden. Hier finden wir in dem ganzen vielzelligen Körper nur zweierlei verschiedene Zellen: die eine Zellenart vermittelt die Ernährung und Fortpflanzung; die andere hingegen die Empfindung und Bewegung dieser Thiere. Diese beiden Arten von Zellen sind dieselben, welche auch bei dem ersten Differenzirungs-Process der Keimblätter im menschlichen Embryo zunächst zur Ausbildung gelangen. Bei den meisten höheren Thieren geht aber diese Differenzirung oder Arbeitstheilung der Zellen viel weiter. Da übernehmen einige bloss das Geschäft der Ernährung; andere das der Fortpflanzung; eine dritte Gruppe von Zellen übernimmt die äussere Bedeckung des Körpers und bildet die Haut; eine vierte Gruppe, die Muskelzellen, bildet das Fleisch; eine fünfte Gruppe, die Nervenzellen, entwickelt sich zu den Organen des Empfindens, des Wollens, des Denkens u. s. w. Und doch sind alle diese verschiedenartigen Zellen ursprünglich (in der Ontogenese) nur aus der einfachen Eizelle und deren gleichartigen Nachkommen durch Arbeitstheilung hervorgegangen. Diese Arbeitstheilung oder Differenzirung ist nun aber in der entsprechenden Phylogenese ursprünglich gerade so aufzufassen, wie die Entwickelung der Arbeitstheilung in dem entstehenden menschlichen Staate; später, in der Ontogenese, erscheint sie nur noch durch Vererbung übertragen, und wird bloss nach dem biogenetischen Grundgesetze wiederholt. Obgleich nun die Arbeitstheilung im Allgemeinen meistens zu einem Fortschritt sowohl des ganzen Organismus als auch der verschiedenen constituirenden Individuen, der einzelnen Zellen, führt, so ist dieselbe doch in vielen Fällen auch Veranlassung zum Rückschritt oder zur Rückbildung. Nicht allein fortschreitende, sondern auch rückschreitende Veränderungen stellen sich im Gefolge der Arbeitstheilung ein[26]).

Die Rückbildung überhaupt ist als eine siebente Entwickelungs-Function zu betrachten, und spielt als solche keine geringe Rolle. Fast bei jeder Entwickelung eines höheren Organismus sehen wir, dass neben der fortschreitenden Entwickelung der meisten Theile auch in einzelnen Theilen rückschreitende Entwickelungs-Processe vorkommen. Bei der Zelle äussert sich gewöhnlich diese rückschreitende Metamorphose zuerst darin, dass im Zellstoffe Fettkörnchen sich bilden. Indem das Protoplasma fettig degenerirt, geht die Zelle zu Grunde. Während des Laufes der phylogenetischen sowohl als der ontogenetischen Entwickelung können so ganze Organe rückge-

bildet werden, indem ihre constituirenden Zellen fettig entarten und aufgelöst werden. So verschwinden z. B. während der Ontogenese des Menschen und der übrigen Säugethiere gewisse Knorpel, Muskeln u. s. w., welche bei den Fischen, unseren uralten Vorfahren, eine grosse Bedeutung hatten. Die höchst interessanten „rudimentären Organe“ sind solche rückgebildete Körpertheile, von denen sich Ueberbleibsel auf verschiedenen Stufen der Entwickelung noch erhalten. (Vergl. S. 86.) Dergleichen finden sich fast bei jedem höheren vielzelligen Organismus, der eine bedeutende Stufe der Entwickelung erreicht; hier ist fast niemals der Gesammtfortschritt des Ganzen durch die gleichmässig fortschreitende Entwickelung aller Zellen bedingt; vielmehr gehen während der Ontogenese eine Anzahl von Zellen zu Grunde, während andere sich auf deren Kosten fortbilden. Dieselbe Erscheinung treffen wir ja auch in der menschlichen Gesellschaft an, wo beständig viele Individuen früher oder später zu Grunde gehen, ohne das Etwas aus ihnen wird, während die Mehrzahl sich mehr oder weniger fortschreitend entwickelt. Dieser Vergleich trifft vollkommen zu, da die Verhältnisse der individuellen Zusammensetzung im Staate und im vielzelligen Organismus auch in dieser Beziehung gleich sind.

Endlich haben wir noch als eine achte und letzte Function der organischen Entwickelung die Verwachsung oder Concrescenz zu erwähnen, die zwar im Ganzen weniger auffallend erscheint, aber für manche Vorgänge doch recht wichtig ist. Die Verwachsung besteht darin, dass zwei oder mehrere Individuen, die ursprünglich getrennt waren, nachträglich sich verbinden und zu einem einzigen Individuum zusammenwachsen. Wir können den Vorgang der geschlechtlichen Zeugung als Verwachsung zweier Zellen betrachten. Ebenso finden wir vielfach eine Verwachsung von Zellen bei anderen Entwickelungsprocessen vor. Gerade diejenigen Gewebe des Thierkörpers, welche die höchsten Functionen vollziehen, das Muskelgewebe oder das Fleisch, welches die Ortsbewegung vermittelt, das Nervengewebe, welches die Functionen des Empfindens, des Wollens, des Denkens bewirkt, bestehen zum grossen Theil aus verwachsenen oder verschmolzenen Zellen. Aber nicht allein die Zellen, die Individuen erster Ordnung, sondern auch die Organe, die Individuen zweiter Ordnung, verwachsen im Verlaufe der Ontogenese sehr häufig mit einander zu einem zusammengesetzten Gebilde. Sogar ganze

Personen können mit einander verwachsen, wie das z. B. bei den Schwämmen sehr oft der Fall ist. Der Process der Concrescenz (die man häufig auch wohl als Conjugation oder Copulation bezeichnet) ist in gewisser Beziehung der umgekehrte Vorgang, wie derjenige der Fortpflanzung. Bei der letzteren entstehen aus einem Individuum zwei oder mehrere neue, während bei der ersteren aus mehreren Individuen ein einziges entsteht. In der Regel besitst dieses Individuum eine höhere Function, als die beiden einzelnen, aus deren Verschmelzung es hervorgegangen ist.

Wenn Sie jetzt nochmals einen kurzen Rückblick auf die verschiedenen Lebensthätigkeiten des Organismus werfen, die wir hier als die eigentlichen Functionen der Entwickelung, als die wahren formbildenden Kräfte des entstehenden Organismus aufgeführt haben, so werden Sie sich leicht überzeugen, dass sie sämmtlich einer streng physiologischen Untersuchung zugänglich sind. Trotzdem hat man dieselben zum Theil bis auf die neueste Zeit noch nicht genauer untersucht und in Folge dessen sehr oft die Entwickelungs-Vorgänge als etwas durchaus Räthselhaftes und Eigenthümliches, ja sogar theilweise als etwas Wunderbares und Uebernatürliches betrachtet. Das geht so weit, dass selbst heute noch viele und namhafte Naturforscher behaupten, die Erscheinungen der Entwickelung überschritten die Grenzen der menschlichen Erkenntniss und seien nicht ohne Zuhülfenahme übernatürlicher Kräfte erklärbar.

Dieses befremdende Verhältniss, welches ein wenig erfreuliches Licht auf den heutigen Zustand unserer Wissenschaft wirft, ist vorzugsweise durch die Schuld der modernen Physiologie zu erklären. Wie schon früher gelegentlich bemerkt wurde, bekümmert sich die heutige Physiologie weder um die Functionen der Entwickelung, noch um die Entwickelung der Functionen. Sie ist in ihrer sehr einseitigen Richtung bemüht, die Erkenntniss einzelner Functions-Gruppen (z. B. die Physiologie der Sinnesorgane, der Muskelbewegung, des Blutkreislaufs u. s. w.) bis zur höchsten Vollendung auszubauen, während sie andere gar nicht berücksichtigt. Unter diese letzteren gehören z. B. die chorologischen und oekologischen Functionen, viele psychologische Phänomene und Wachsthums-Verhältnisse, vor allen aber die wichtigsten von den eben angeführten Entwickelungs-Functionen: die Vererbung und die Anpassung. Was wir bis jetzt von diesen beiden einflussreichsten physiologischen Leistungen der Ent-

wickelung wissen, ist fast Alles durch die Untersuchungen der Morphologie, nicht der Physiologie entdeckt worden, obwohl diese letztere in ihrem eigenen Interesse Veranlassung genug hätte, sich ernstlich an die Untersuchung jener Functionen zu begeben. Ebenso sind auch die wichtigen Functionen des Wachsthums und der Verwachsung, der Differenzirung und der Rückbildung noch sehr wenig einer genaueren Untersuchung von Seiten der Physiologie unterzogen worden.

Aus dieser Vernachlässigung der Entwickelungsgeschichte erklärt sich auch das geringe Interesse und der Mangel an Verständniss, welchen die heutige Physiologie für die Descendenz-Theorie zeigt. Nachdem Darwin diese letztere durch seine Züchtungs-Theorie von einer neuen Seite her begründet und den Weg zur physiologischen Erklärung der Species-Bildung gezeigt hatte, war der Physiologie ein ganz neues Gebiet der interessantesten Forschung geöffnet. Sie hat dieses Gebiet noch nicht betreten und unsere physiologische Erkenntniss von den Entwickelungs-Vorgängen ebenso wenig in Bezug auf die ontogenetischen als auf die phylogenetischen Processe gefördert. Ja es haben sogar — mit wenigen rühmlichen Ausnahmen — die meisten Physiologen sich gar nicht um die Descendenz-Theorie gekümmert, und noch heute halten einige ihrer berühmtesten Vertreter diese wichtigste biologische Theorie für eine „unbewiesene und bodenlose Hypothese“.

Nur aus diesem Mangel an Verständniss der Entwickelungsgeschichte und ihrer Bedeutung lässt es sich erklären, das z. B. der berühmte Berliner Physiologe Du Bois-Reymond 1872 auf der Naturforscher-Versammlung zu Leipzig in der bekannten Rede „über die Grenzen des Naturerkennens“ das menschliche Bewusstsein für eine Erscheinung erklärte, die absolut und unbedingt die Grenzen des menschlichen Erkenntnissvermögens überschreite. Er dachte nicht daran, dass sich auch dass Bewusstsein, gleich jeder anderen Gehirnthätigkeit entwickelt. Er kam nicht auf den naheliegenden Gedanken, dass sich auch das Bewusstsein der Menschen-Gattung durch viele phylogenetische Stufen hindurch ganz ebenso allmählig entwickelt haben muss, wie sich noch heute bei jedem Kinde das individuelle Bewusstsein durch viele ontogenetische Stufen hindurch allmählich ausbildet [30]).

Nur aus diesem Mangel an Verständniss für die Functionen und den physiologischen Process der Entwickelung lässt es sich ferner

begreifen, dass noch heute angesehene und kenntnissreiche Naturforscher alles Ernstes darüber streiten, ob die Speciesbildung — oder mit anderen Worten: die phyletische Entwickelung der Formen — sprungweise oder allmählich geschehe. Dieser Streit ist eben so sinnvoll wie es der Streit sein würde, ob die Maus ein grosses oder ein kleines Thier ist. Der Elephant wird natürlich die Maus für ein winzig kleines Thier erklären, wogegen die Laus, welche den Pelz der Maus bewohnt, sie für ein riesengrosses Thier halten muss. Ebenso wie hier die Schätzung der Raumgrösse, so ist dort die Schätzung der Zeitgrösse rein relativ, nur bezugsweise zu verstehen.

Jeder Entwickelungs-Process ist als solcher ununterbrochen, und wirkliche Sprünge oder Unterbrechungen kommen niemals dabei vor. *Natura non facit saltus!* Die Natur macht keine Sprünge! Das gilt ebenso von den ontogenetischen wie von den phylogenetischen Vorgängen, ebenso von der Entwickelung des Individuums, wie von derjenigen der Species. Allerdings scheinen auch in der Ontogenese manchmal Sprünge vorzukommen, z. B. wenn sich der Schmetterling aus der verpuppten Raupe, oder wenn sich eine Meduse aus einem ganz anders gestalteten hydroiden Polypen entwickelt. Allein der Morphologe, welcher den Gang dieser sprungweisen Entwickelungs-Processe Schritt für Schritt genau verfolgt, findet, dass überall ununterbrochener Zusammenhang existirt, und dass jeder neue Formzustand unmittelbar aus dem nächstvorhergehenden hervorgeht. Ueberall ist causaler und continuirlicher Zusammenhang, nirgends ein plötzlicher und unvermittelter Sprung. Nur wenn die Geschwindigkeit des Entwickelungs-Processes einmal verlangsamt und dann wieder plötzlich beschleunigt ist, oder wenn die Vererbung abgekürzt ist, kann uns das Resultat desselben wohl als ein unvermittelter Sprung erscheinen.

Ganz dasselbe gilt aber auch von der Phylogenese der organischen Formen. Da die Ontogenese ja nur eine kurze, durch die Vererbung bedingte und durch die Anpassung modificirte Wiederholung der Phylogenese ist, so kann bei der letzteren ebenso wenig als bei der ersteren jemals ein wahrer Sprung oder eine unvermittelte Kluft zwischen zwei auf einander folgenden Entwickelungsformen existiren. Auch bei der Entwickelung der Arten, wie bei derjenigen der Individuen, bildet sich jede neue Form unmittelbar aus der vorhergehenden hervor. Auch hier behält der physiologische

Entwickelungs-Process stets seinen Zusammenhang. Selbst in denjenigen extremen Fällen, wo wirklich eine neue Form ganz plötzlich zu entstehen scheint, wie bei der sogenannten „sprungweisen oder monströsen Anpassung“, selbst da liegt ein ununterbrochener physiologischer Entwickelungs-Vorgang zu Grunde, der nur wegen seiner verhältnissmässigen Schnelligkeit oder wegen seines bedeutenden Resultates uns als „ein plötzlicher Sprung“ erscheint.

Betrachten wir als auffallendes Beispiel einen schon öfters beobachteten Fall solcher „sprungweisen Abänderung“. Ein gewöhnlicher zweihörniger Ziegenbock, dessen Gattin auch eine gewöhnliche zweihörnige Ziege ist, erzeugt ein Böckchen, aus dessen Schädel vier Hörner hervorwachsen, statt der bisher in dieser Ziegenfamilie erblich gewesenen zwei Hörner. Da ist „sprungweise“ eine neue vierhörnige Ziegenform entstanden, und unter günstigen Umständen kann dieses Böckchen der Stammvater einer ganz neuen vierhörnigen Rasse oder (im Falle correlativer Anpassung und constanter Vererbung) einer neuen „guten Art“ werden.

Wenn wir nun aber die physiologischen Functionen der Entwickelung aufsuchen, die diese neue Rasse oder Art „plötzlich“ gebildet haben, so finden wir als erste Ursache eine Abänderung in der erblichen Ernährung an zwei Stellen des Stirnbeins und der dieses bedeckenden Haut vor. In Folge der übermässigen localen Ernährung des Knochengewebes und der dadurch bedingten massenhaften Zellen-Vermehrung wächst an diesen beiden Stellen „allmählich“ ein Knochenzapfen hervor, und in Folge correlativer Anpassung verwandelt sich die behaarte Stirnhaut, die beide Knochenzapfen bedeckt, in eine harte kahle Hornscheide, gerade so wie bei den beiden älteren, längst erblichen Ziegenhörnern. Indem jene beiden Knochenzapfen weiter hervorwachsen und ihre Hornscheiden sich entsprechend vergrössern, entsteht das neue, zweite Hörner-Paar hinter dem ersten. Alle die Entwickelungs-Functionen, die diese neue vierhörnige Ziegenform „plötzlich und sprungweise“ hervorbringen, sind im Grunde ganz „allmähliche und ununterbrochene“ Veränderungen in der Entwickelung der hier vorhandenen Zellenmassen: sie beruhen auf veränderten Ernährungs-Verhältnissen der Gewebe an diesen beiden Ste len des Knochens und der Haut. Sie sehen, wie uns hier eine genaue Untersuchung der physiologischen Entwickelungs-Function den anscheinend wunderbaren Process ganz natürlich er-

klärt. Das gilt aber gerade so von der individuellen wie von der phyletischen Entwickelung.

Dasselbe gilt nun auch von einem Entwickelungs-Vorgang, den man ganz vorzugsweise mit dem mystischen Nebelschleier eines übernatürlichen Wunders zu umhüllen liebt, nämlich von der Befruchtung oder der geschlechtlichen Zeugung. Diese bildet bei allen höheren Thieren und Pflanzen den ersten Act, mit welchem die Entwickelung des neuen Individuums beginnt. Zunächst ist hier zu bemerken, dass dieser wichtige Vorgang keineswegs so allgemein in der Thier- und Pflanzenwelt verbreitet ist, wie man gewöhnlich annimmt. Vielmehr giebt es eine grosse Anzahl von niederen Organismen, die sich immer nur ungeschlechtlich vermehren, z. B. die Amoeben, die Gregarinen u. s. w. Bei diesen findet keinerlei Art von Befruchtung statt; die Vermehrung der Individuen und die Erhaltung der Art beruht bei ihnen bloss auf der ungeschlechtlichen Zeugung, die bald als Theilung, bald als Knospenbildung, bald als Sporenbildung auftritt. Hingegen ist bei allen höheren Organismen, sowohl Thieren als Pflanzen, die geschlechtliche Fortpflanzung die allgemeine Regel, und die ungeschlechtliche kommt daneben entweder gar nicht oder nur selten vor. Insbesondere findet bei den Wirbelthieren niemals „Jungfrauenzeugung oder *Parthenogenesis*" statt. Das muss gegenüber dem berühmten Dogma von der „unbefleckten Empfängniss" ausdrücklich hervorgehoben werden[31].

Die geschlechtliche oder sexuelle Fortpflanzung bietet bei den verschiedenen Klassen der Thiere und Pflanzen ungemein mannichfaltige und interessante Verhältnisse dar, die namentlich die Vermittelung der Befruchtung, die Uebertragung des männlichen Sperma auf das weibliche Ei, betreffen. Diese Verhältnisse sind nicht allein für die Fortpflanzung selbst, sondern zugleich für die Entstehung der organischen Körperformen, und namentlich der Unterschiede beider Geschlechter, von der grössten Bedeutung. Insbesondere treten hierbei Thiere und Pflanzen in die merkwürdigste Wechselwirkung, wie vorzüglich durch die neueren Untersuchungen von CHARLES DARWIN und HERMANN MÜLLER „über die Befruchtung der Blumen durch Insecten" nachgewiesen ist. In Folge dieser Wechselwirkung entsteht ein sehr verwickelter anatomischer Geschlechts-Apparat. So interessant diese Erscheinungen an sich sind, so können wir doch hier nicht darauf eingehen, weil sie für das Wesen des eigentlichen

Befruchtungs-Processes nur eine untergeordnete Bedeutung haben. Hingegen müssen wir um so schärfer die Natur dieses Processes selbst, die Bedeutung der geschlechtlichen Zeugung, ins Auge fassen.

Bei jedem Befruchtungs-Vorgang kommen, wie schon bemerkt, zwei verschiedene Zellen-Arten in Betracht, eine weibliche und eine männliche Zelle. Die weibliche Zelle wird bei den Thieren allgemein als Ei oder Eizelle *(Ovulum)* bezeichnet, die männliche als Spermazelle oder Samenzelle *(Zoospermium, Spermatozoon)*. Die weibliche Eizelle, deren Form und Zusammensetzung wir bereits genau betrachtet haben, ist bei allen Thieren ursprünglich von derselben einfachen Beschaffenheit; sie ist anfänglich weiter Nichts als eine kugelige nackte Zelle, aus Protoplasma und Zellkern bestehend. Wenn diese Zelle frei liegt, so dass sie sich bewegen kann, führt sie häufig langsame, amoebenartige Bewegungen aus, wie wir es vom Ei der Schwämme gesehen haben (S. 112, Fig. 8). Meistens aber wird sie später in besondere, sehr verschieden gebildete und oft sehr zusammengesetzte Hüllen und Schalen eingeschlossen. Die Eizelle gehört im Ganzen zu den grössten Zellen, die es überhaupt giebt. Sie ist fast bei allen Thieren grösser als alle anderen Zellen; nur einige Nervenzellen nähern sich in Bezug auf Grösse der Eizelle.

Die andere Zelle, welche bei der Befruchtung in Betracht kommt, die männliche Spermazelle, gehört umgekehrt zu den kleinsten Zellen, die sich im Organismus finden. Die Befruchtung geschieht in der Regel dadurch, dass entweder innerhalb des weiblichen Körpers oder ausserhalb desselben eine von dem männlichen Individuum abgesonderte, schleimige Flüssigkeit mit der Eizelle in Berührung gebracht wird. Diese Flüssigkeit heisst Sperma oder männlicher Samen. Das Sperma ist gleich dem Speichel und dem Blute keine einfache klare Flüssigkeit, sondern ein Haufen von ausserordentlich zahlreichen Zellen, die in einer verhältnissmässig geringen Quantität von Flüssigkeit umherschwimmen. Nicht diese Flüssigkeit selbst, sondern die darin schwimmenden Zellen bewirken die Befruchtung. Diese Sperma-Zellen haben bei der grossen Mehrzahl der Thiere zwei besondere Eigenthümlichkeiten. Erstens sind sie ausserordentlich klein, gewöhnlich die kleinsten Zellen des Organismus, und zweitens besitzen sie meistens eine ganz eigenthümliche lebhafte Bewegung, die man als Samenfädenbewegung bezeichnet. Im Zusammenhange mit dieser Bewegung steht die Form der Zellen. Bei den meisten

Thieren, wie auch bei vielen niederen Pflanzen (nicht aber bei den höheren) besteht jede dieser Zellen aus einem sehr kleinen nackten Zellenkörper, der einen länglichen Kern umschliesst, und einem langen schwingenden Faden, der sich an den Körper anschliesst. Es hat sehr lange gedauert, ehe man erkannte, dass jeder dieser Körper eine einfache Zelle ist. Früher hielt man sie allgemein für besondere Thiere, die man „Samenthiere“ *(Spermatozoa)* nannte. Erst durch die eingehenden Untersuchungen der letzten Jahre haben wir die sichere Ueberzeugung gewonnen, dass in der That jedes dieser sogenannten Samenthierchen eine einfache Zelle ist. Beim Menschen besitzen diese Samenelemente, welche man jetzt Samenfäden oder Spermazellen nennt, ganz dieselbe Form wie bei dem meisten Wirbelthieren und wie bei der Mehrzahl der wirbellosen Thiere (Fig. 11). Es ist aber von Interesse, gelegentlich zu bemerken, dass bei manchen niederen Thieren die Samenzellen eine ganz andere Form haben, als diese gewöhnliche. So sind z. B. beim Flusskrebs die männlichen Samenzellen starre, runde Zellen, die sich nicht bewegen, versehen mit besonderen borstenförmigen starren Fortsätzen. Ebenso besitzen dieselben bei einigen Würmern eine ganz abweichende Gestalt, z. B. bei den Fadenwürmern. Bisweilen sind sie hier amoebenartig und gleichen sehr kleinen Eizellen. Aber auch bei den meisten niederen Thieren, z. B. bei den Schwämmen und Polypen, haben sie dieselbe „stecknadelförmige Gestalt“ wie beim Menschen und den übrigen Säugethieren.



Fig. 11.

Nachdem der holländische Naturforscher LEEUWENHOEK im Jahre 1677 zuerst diese fadenförmigen, lebhaft sich bewegenden Körperchen im männlichen Samen entdeckt hatte, glaubte man allgemein, dass dieselben besondere, selbstständige, kleine Thierchen, gleich den Infusionsthierchen seien, und nannte sie eben deshalb geradezu „Sa-

Fig. 11. *a—d* Vier Samenzellen oder Spermazellen aus dem männlichen Samen des Menschen. Bei *a* und *b* ist der birnfömige plattgedrückte Kern-Theil der Samenzelle (der sogenannte „Kopf des Samenthierchens“) von der breiten, bei *c* und *d* von der schmalen Seite gesehen. *e*, *f* zwei Samenzellen eines Kalkschwammes (Olynthus). Sehr stark vergrössert.

menthierchen". Wir haben schon früher darauf hingewiesen, dass dieselben in der damals aufgestellten falschen Praeformations-Theorie eine grosse Rolle spielten, weil man glaubte, dass der ganze entwickelte Organismus mit allen seinen Theilen, nur sehr klein und noch unentfaltet, in jedem Samenthierchen vorgebildet existire. (Vergl. oben S. 29.) Die letzteren brauchten nur in den fruchtbaren Boden der weiblichen Eizelle einzudringen, damit sich der praeformirte menschliche Körper entfalten und mit allen seinen Theilen wachsen könne. Diese grundfalsche Ansicht ist jetzt vollständig widerlegt, und wir wissen durch die genauesten Untersuchungen, dass die beweglichen Samenkörperchen weiter nichts als echte Zellen sind, und zwar Zellen von derjenigen Art, die man Geisselzellen nennt. In den früheren Darstellungen hat man an jedem angeblichen „Samenthierchen" einen Kopf, Rumpf und Schwanz unterschieden. Der sogenannte „Kopf" ist weiter Nichts als der länglich runde oder eirunde Zellenkern, der Körper eine Anhäufung von Zellstoff, und der Schwanz eine fadenförmige Verlängerung desselben. Wir wissen ausserdem jetzt, dass diese Samenthierchen gar nicht einmal eine ganz besondere Zellenform darstellen; vielmehr kommen auch an vielen anderen Stellen des Thierkörpers ganz ähnliche bewegliche Zellen oder Flimmerzellen vor. Haben diese Zellen zahlreiche Fortsätze, so heissen sie Wimperzellen; hat hingegen jede Flimmerzelle nur einen Fortsatz, so heisst sie Geisselzelle. Aehnliche Geisselzellen wie die Spermazellen sind z. B. die Darmzellen der Schwämme.



Fig. 12.

Der Vorgang der Befruchtung bei der geschlechtlichen Zeugung beruht also im Wesentlichen darauf, dass zwei verschiedene Zellen zusammenkommen und mit einander verschmelzen oder verwachsen. Früher haben über diesen Act die wunderbarsten Ansichten ge-

Fig. 12. Die Befruchtung der Eizelle durch die Samenzellen. Die fadenförmigen lebhaft beweglichen Spermazellen dringen durch die feinen Porencanäle der Eihaut in die körnige Masse des Dotters hinein, wo sie sich auflösen. In Folge dieser Befruchtung verschwindet der Kern der Eizelle.

herrscht. Man hat darin immer etwas durchaus Mystisches finden wollen und hat die verschiedensten Hypothesen darüber aufgestellt. Erst die letzten Jahre haben uns durch genauere Forschungen zu der Ueberzeugung geführt, dass der Vorgang der Befruchtung höchst einfach ist und durchaus nichts besonders Geheimnissvolles an sich trägt. Er beruht im Wesentlichen nur darauf, dass die männliche Geisselzelle mit der weiblichen amoebenartigen Eizelle verschmilzt. Die lebhaft bewegliche Spermazelle sucht sich vermittelst ihrer schlängelnden Bewegungen den Weg zur weiblichen Eizelle, dringt vermittelst bohrender Bewegungen durch die Membran der letzteren hindurch und löst sich in ihrem Zellstoff auf (Fig. 12).

Hier wäre nun ein sehr geeigneter Ort für den Dichter, das wunderbare Geheimniss des Befruchtungsvorganges in glänzenden Farben zu schildern und die Kämpfe der lebendigen „Samenthierchen“ zu beschreiben, die voll Begierde um die viel umworbene Eizelle herumtanzen, sich den Eingang durch die feinen Porencanäle des Chorion streitig machen und dann „mit Bewusstsein“ in das Protoplasma der Dottermasse hineintauchen, wo sie in selbstloser Hingabe an ihr besseres Ich sich vollständig auflösen. Auch könnten hier die Liebhaber der Teleologie die besondere Weisheit des Schöpfers bewundern, der in der Eihülle zahlreiche feine Porencanäle angebracht hat, damit die „Samenthierchen“ durch sie hindurch treten können. Allein der kritische Naturforscher fasst diesen poetischen Vorgang, diese „Krone der Liebe“ sehr nüchtern als den Verwachsungs-Process zweier Zellen auf. Dadurch wird erstens die Eizelle zur weiteren Entwickelung angeregt und zweitens die Uebertragung der erblichen Eigenschaften beider Eltern auf das Kind vermittelt. Die männliche Spermazelle vererbt den individuellen Charakter des Vaters auf das erzeugte Kind, und die weibliche Eizelle überträgt erblich die Eigenschaften der Mutter auf das neue Individuum. In dieser Beziehung zeigt die geschlechtliche Zeugung einen sehr bedeutenden Fortschritt gegenüber der älteren ungeschlechtlichen Form der Fortpflanzung. Dieser überaus wichtige Vorgang der Vererbung von beiden Eltern, die uns später noch vielfach beschäftigen wird, erklärt sich also ganz einfach aus jener thatsächlich stattfindenden Vermischung oder Verwachsung der beiden Zellen, der männlichen Spermazelle und der weiblichen Eizelle[32]. (Vergl. den XXV. Vortrag.)

Achter Vortrag.

Die Eifurchung und die Keimblätterbildung.

„Die Unterscheidung der Schichten (oder Blätter) in der Keimhaut ist ein Wendepunkt in dem Stadium der Entwickelungsgeschichte geworden und hat den späteren Forschungen das wahre Licht angezündet. Zunächst tritt eine Spaltung des (scheibenförmigen) Embryo in einen animalischen und einen plastischen Theil auf. Wenn die Spaltung erfolgt ist, hat jede Lage zwei Schichten. In der unteren Lage (dem plastischen oder vegetativen Keimblatt) ist ein Schleimblatt und ein Gefässblatt, jedes von eigenthümlicher Organisation. In der oberen Lage (dem animalischen oder serösen Keimblatt) sind auch zwei Schichten deutlich zu unterscheiden, eine Fleischschicht und eine Hautschicht."

Karl Ernst Baer (1828).

Inhalt des achten Vortrages.

Erste Vorgänge nach erfolgter Befruchtung der Eizelle. Verlust des Keimbläschens. Monerula. Neubildung des Kernes. **Furchung oder Dotterklüftung. Zerfall der Eizelle in 2, 4, 8, 16, 32 Zellen u. s. w.** Bedeutung des **Furchungs-Processes. Maulbeer-Form oder Morula.** Bildung der **Keimhautblase oder Vesicula blastodermica. Keimhaut oder Blastoderma.** Bildung des **Fruchthofes.** Die beiden Schichten des Fruchthofes oder die beiden **primären Keimblätter: Exoderm und Entoderm. Partielle Furchung des Vogel-Eies.** Bildung der Keimhaut des Vogel-Eies. **Zweiblättriger Zustand der Keimscheibe.** Die zweiblättrige Darmlarve oder **Gastrula.** Permanent zweiblättrige Körperbildung niederer Thiere. Die zweiblättrige uralte Stammform: **Gastraea. Die Homologie der beiden primären Keimblätter bei allen Darmthieren oder Metazoen.** Ihr Mangel bei allen Urthieren oder Protozoen. Bedeutung der beiden primären Keimblätter. Entstehung und Bedeutung der vier secundären Keimblätter. Ursprünglich spaltet sich jedes der beiden primären Keimblätter in zwei secundäre Keimblätter. Aus dem **Exoderm oder Hautblatt** entsteht das Hautsinnesblatt und das Hautfaserblatt. Aus dem **Entoderm oder Darmblatt** entsteht das Darmfaserblatt und das Darmdrüsenblatt.

VIII.

Meine Herren!

Die wichtigen Vorgänge, welche nach erfolgter Befruchtung der Eizelle zunächst eintreten und welche die individuelle Entwickelung des neuen Organismus einleiten, sind im ganzen Thierreiche im Wesentlichen dieselben. Die menschliche Eizelle verhält sich in dieser Beziehung nach erfolgter Befruchtung ganz wie die Eizelle der übrigen Thiere und in specieller Beziehung genau ebenso wie diejenige der übrigen Säugethiere. Zwar finden zwischen den Säugethieren (mit Inbegriff des Menschen) und den übrigen Thieren mancherlei Differenzen in Bezug auf die ersten embryonalen Entwickelungsvorgänge statt; doch sind diese nur von secundärer und untergeordneter Bedeutung. Es ist sehr wichtig, gerade diesen scheinbar auffallenden Differenzen gegenüber die wesentliche Uebereinstimmung der ursprünglichen Entwickelungs-Processe der Eizelle bei allen Thieren festzuhalten.

Der erste Vorgang, den wir nach erfolgter Befruchtung an der Eizelle der Thiere wahrnehmen, ist sehr merkwürdig, nämlich scheinbar eine Rückbildung: die Eizelle verliert ihren Kern. Wie bei den meisten (oder allen?) übrigen Thieren, so scheint auch bei allen Säugethieren der Nucleus der kugeligen Eizelle oder das sogenannte „Keimbläschen" mit sammt dem darin eingeschlossenen Keimfleck völlig zu verschwinden und sich aufzulösen, nachdem die Samenfäden durch die Hülle hindurch in das Innere der Eizelle eingedrungen sind und sich hier mit dem Protoplasma derselben, mit dem Dotter vermischt haben. Man betrachtet jetzt diesen viel besprochenen und viel bestrittenen Process als die erste Wirkung der Befruchtung. Der sonderbare Vorgang ist deshalb von dem grössten Interesse, weil nunmehr der individuelle Organismus des Säugethiers

uns in der denkbar einfachsten Form vor Augen tritt, die wir überhaupt in der Welt der Organismen finden können.

Die einfachsten von allen Organismen, die wir kennen, und zugleich die denkbar einfachsten Organismen sind die Moneren, meistens mikroskopisch kleine formlose Körperchen, die aus einer homogenen Substanz, einer eiweissartigen oder schleimigen weichen Masse bestehen, Körperchen ohne Structur, ohne Zusammensetzung aus verschiedenen Organen und doch mit allen Lebenseigenschaften des Organismus begabt. Sie bewegen sich, ernähren sich und pflanzen sich durch Theilung fort (Fig. 13). Diese Moneren sind deshalb von grosser Wichtigkeit, weil sie uns für die Lehre von der ersten Entstehung des Lebens auf unserer Erde die sichersten Anhaltspunkte darbieten. Wir werden später noch ihre Bedeutung zu würdigen haben. (S. 377). Hier wollen wir nur einstweilen die höchst merkwürdige Thatsache betonen, dass in der Keimesgeschichte ebenso wie in der Stammesgeschichte der Thier-Organismus seine Entwickelung als structurloses Schleimkügelchen beginnt[81].



Fig. 13.

Auch der Organismus des Menschen und der höheren Thiere existirt kurze Zeit hindurch in dieser denkbar einfachsten Form, und seine individuelle Entwickelung nimmt von dieser einfachsten Form ihren Ausgang. Dass unser ganzer Körper in diesem Stadium wirklich eine ganz gleichartige und structurlose Masse, eine weiche Protoplasmakugel ohne Kern darstellt, ist nach den genauesten Untersuchungen der neuesten Zeit nicht mehr zu bezweifeln. Das ganze hoffnungsvolle Menschenkind ist jetzt weiter Nichts als ein einfaches Kügelchen von Urschleim (Fig. 14). Die Hülle ist noch vorhanden, erscheint aber als ein völlig passiver Theil des Eies, der an den

Fig. 13. Ein Moner (Protamoeba) in der Fortpflanzung begriffen. *A*. Das ganze Moner, welches nach Art der Amoeba (Fig. 7) sich mittelst veränderlicher Fortsätze bewegt. *B*. Dasselbe zerfällt durch eine mittlere Einschnürung in zwei Hälften. *C*. Jede der beiden Hälften hat sich von der anderen getrennt und stellt nun ein selbstständiges Individuum dar. (Stark vergrössert.)

activen Entwickelungs-Veränderungen desselben gar keinen thätigen Antheil nimmt. Wir können daher diese Hülle einstweilen bei Seite lassen, und wollen erst später auf die Veränderungen, welche sie nachher erleidet, eingehen; für den eigentlichen Entwickelungsprocess selbst ist sie völlig bedeutungslos. Es beschäftigt uns jetzt also bloss der Inhalt der Eikugel, der homogene Dotter, den wir in diesem kernlosen Zustande in Erinnerung an die Monerenform „Monerula" nennen können. In dieser structurlosen Protoplasmakugel bildet sich nach kurzer Zeit von Neuem ein Zellenkern. Mitten in dem dunkeln Zellstoff zeigt sich ein heller Fleck, welcher Kugelgestalt annimmt, und bald dem ersten Zellenkern so ähnlich erscheint, dass man ihn mit diesem verwechselt und lange Zeit geglaubt hat, dass das Verschwinden des Keimbläschens nur scheinbar sei. Nun ist also das Ei wieder eine einfache Zelle (Fig. 15), nachdem dasselbe eine Zeit lang den Cytodenzustand dargestellt hat[33].



Fig. 14.

Jetzt beginnt der Process der Vermehrung der Eizelle, indem dieselbe durch wiederholte Theilung in eine grosse Anzahl von Zellen zerfällt. Aus der Einsiedler-Zelle wird eine Zellen-Gemeinde. Das Individuum erster Ordnung erhebt sich dadurch zur zweiten Ordnung. Alle die Zellen, welche aus der wiederholten Theilung der Eizelle hervorgehen, sind anfangs ganz gleich und lassen gar keine Unterschiede erkennen. Man hat diesen Process der vielfach wiederholten Theilung der Eizelle früher als etwas ganz Besonderes aufgefasst und mit dem Namen Furchung oder Dotter-

Fig. 14. Die befruchtete Eizelle des Säugethieres nach dem Verlust des Keimbläschens (Monerula). Rings um die Eizelle sind viele Spermazellen zu bemerken; einige derselben sind durch die Porencanäle der Hülle in das Innere eingedrungen und haben sich in dem Dotter aufgelöst. Der Kern oder das Keimbläschen ist in Folge dieses Befruchtungs-Actes verschwunden. Der kernlose Dotter (nunmehr eine Cytode) hat sich verdichtet und zusammengezogen, wodurch zwischen ihm und der Eihülle ein (mit heller Flüssigkeit erfüllter) Zwischenraum entstanden ist.

klüftung oder Segmentation belegt. Erst viel später ist man zu der Ueberzeugung gekommen, dass dieser scheinbar sehr eigenthümliche Vorgang der Furchung weiter gar nichts ist als die ganz gewöhnliche, oftmals wiederholte Zellentheilung. Sie beginnt damit, dass der neue Zellenkern in zwei Kerne zerfällt. Der Nucleus schnürt sich ein und es entsteht eine Trennungsebene zwischen den beiden Hälften; sie weichen aus einander, und nun sammelt sich der Zellstoff rings um die beiden Kerne an, so dass sich auch mitten durch das Protoplasma hindurch eine Theilungsebene ausbildet. Das Protoplasma zerfällt also nachträglich ebenfalls in zwei Hälften, und die Zellstoffmasse jeder Hälfte sammelt sich rings um den Kern an, der wie ein Anziehungsmittelpunkt auf die Moleküle, auf die kleinen Substanztheilchen des festflüssigen Protoplasma, wirkt. Nunmehr ist die ursprüngliche Eizelle in zwei Tochterzellen zerfallen, die ganz gleich sind und innerhalb der unveränderten Hülle neben einander lie-



Fig. 15.



Fig. 16.

Fig. 15. Das Ei des Säugethieres mit dem neugebildeten Kern (*b*) und Kernkörperchen (*a*). Die Dotterkugel (*c*), welche von der Eihülle oder dem Chorion (*d*) umschlossen ist, enthält jetzt auch die aufgelöste Substanz der Spermazellen.

Fig. 16. Erster Beginn der Entwickelung des Säugethier-Eies, sogenannte „Eifurchung“ (Vermehrung der Eizelle durch wiederholte Selbsttheilung). Fig. 16 *A*. Die Eizelle ist in zwei Zellen (die beiden ersten „Furchungskugeln“) zerfallen. Fig. 16 *B*. Die letzteren sind durch Halbirung in vier Zellen gespalten. Fig. 16 *C*. Aus den vier Zellen sind durch wiederholte Halbirung acht geworden. Fig. 16 *D*. Durch fortgesetzte Theilung der „Furchungskugeln“ ist ein kugeliger, maulbeerförmiger Haufen von zahlreichen gleichen Zellen entstanden, der „Maulbeerdotter“ oder die Morula.

activen Entwickelungs-Veränderungen desselben gar keinen thätigen Antheil nimmt. Wir können daher diese Hülle einstweilen bei Seite lassen, und wollen erst später auf die Veränderungen, welche sie nachher erleidet, eingehen; für den eigentlichen Entwickelungsprocess selbst ist sie völlig bedeutungslos. Es beschäftigt uns jetzt also bloss der Inhalt der Eikugel, der homogene Dotter, den wir in diesem kernlosen Zustande in Erinnerung an die Monerenform „Monerula" nennen können. In dieser structurlosen Protoplasmakugel bil-



Fig. 14.

det sich nach kurzer Zeit von Neuem ein Zellenkern. Mitten in dem dunkeln Zellstoff zeigt sich ein heller Fleck, welcher Kugelgestalt annimmt, und bald dem ersten Zellenkern so ähnlich erscheint, dass man ihn mit diesem verwechselt und lange Zeit geglaubt hat, dass das Verschwinden des Keimbläschens nur scheinbar sei. Nun ist also das Ei wieder eine einfache Zelle (Fig. 15), nachdem dasselbe eine Zeit lang den Cytodenzustand dargestellt hat[33].

Jetzt beginnt der Process der Vermehrung der Eizelle, indem dieselbe durch wiederholte Theilung in eine grosse Anzahl von Zellen zerfällt. Aus der Einsiedler-Zelle wird eine Zellen-Gemeinde. Das Individuum erster Ordnung erhebt sich dadurch zur zweiten Ordnung. Alle die Zellen, welche aus der wiederholten Theilung der Eizelle hervorgehen, sind anfangs ganz gleich und lassen gar keine Unterschiede erkennen. Man hat diesen Process der vielfach wiederholten Theilung der Eizelle früher als etwas ganz Besonderes aufgefasst und mit dem Namen Furchung oder Dotter-

Fig. 14. Die befruchtete Eizelle des Säugethieres nach dem Verlust des Keimbläschens (Monerula). Rings um die Eizelle sind viele Spermazellen zu bemerken; einige derselben sind durch die Porencanäle der Hülle in das Innere eingedrungen und haben sich in dem Dotter aufgelöst. Der Kern oder das Keimbläschen ist in Folge dieses Befruchtungs-Actes verschwunden. Der kernlose Dotter (nunmehr eine Cytode) hat sich verdichtet und zusammengezogen, wodurch zwischen ihm und der Eihülle ein (mit heller Flüssigkeit erfüllter) Zwischenraum entstanden ist.

steht aus weiter nichts als aus einem Kügelchen von Protoplasma oder Zellstoff und dem davon umschlossenen Zellkern. Eine besondere Hülle um jede der kleinen Kugeln fehlt, obwohl man früher irrthümlich das Vorhandensein einer solchen annahm; die Furchungskugeln sind vielmehr nackte Zellen, wie es ja ursprünglich auch die Eizelle selbst ist. Alle diese Kügelchen liegen dicht an einander und bilden, nachdem der ganze Theilungsprocess abgelaufen ist, zusammen eine grosse Kugel, die aussieht wie eine Brombeere oder Maulbeere. Daher wird dieses Stadium der Entwickelung auch der „Maulbeerdotter" oder die „Morula" genannt (Fig. 16 *D*). Beim Säugethiere liegt diese solide maulbeerförmige Kugel innerhalb der unveränderten Eihülle, durch ein wenig wässerige Flüssigkeit von ihr getrennt; ebenso bei vielen niederen Thieren. Bei anderen niederen Thieren hingegen, denen von Anfang an eine Eihülle fehlt (wie z. B. bei vielen Schwämmen, Medusen) ist auch die Morula nackt (Fig. 18). Im Wesentlichen sind keine Unterschiede in der Form-Beschaffenheit dieser Morula zwischen den verschiedensten Thierklassen aufzufinden.


Fig. 18.

Der nächste Fortschritt der Ontogenese besteht nunmehr darin, dass sich im Mittelpunkte des brombeerförmigen kugeligen Zellenhaufens eine klare Flüssigkeit anzusammeln beginnt. Ihre Menge ist anfangs gering, wird aber bald grösser und drängt die Zellen alle an die Oberfläche der Morula. So gestaltet sich die Morula zu einer kugeligen Blase, deren Wand aus einer einzigen Schicht oder Lage von Zellen zusammengesetzt ist. Auch dieser Vorgang wiederholt sich in derselben Weise bei den verschiedensten Thieren. Ueberall sammelt sich eine solche Menge klarer wässeriger Flüssigkeit in der Mitte der soliden Maulbeerkugel an, dass sämmtliche Zellen nach aussen an die Oberfläche getrieben und an die innere Peripherie oder Innenwand der ursprünglichen Eihülle gedrängt werden. Die so entstandene Blase führt den Namen Keimblase, oder genauer Keimhautblase (*Vesicula*

Fig. 18. Morula oder Maulbeerdotter eines Kalkschwammes (Olynthus). Der aus der Furchung hervorgegangene kugelige Haufen von gleichartigen Zellen ist nackt, ohne Hülle, wie die nackte Eizelle des Schwammes selbst (Fig. 8, S. 112).

blastodermica): nicht zu verwechseln mit dem „Keimbläschen" (*Vesicula germinativa*), welches ja der ursprüngliche Kern der Eizelle ist. Wenn wir einen Querschnitt durch diese Keimblase oder Blastoderm-Blase machen, überzeugen wir uns, dass ihre dünne Wand nur aus einer einzigen Zellenschicht gebildet wird; diese Schicht heisst die Keimhaut (*Blastoderma*). Wenn wir dieselbe von der Fläche betrachten, erscheint sie zierlich und regelmässig vieleckig (meist sechseckig) getäfelt, indem die Zellen durch den gegenseitigen Druck sich zu Vielecken abgeplattet haben (Fig. 19; Taf. VII, Fig. 3, 9). Die hellen kugeligen Kerne treten deutlich aus dem dunkeln Protoplasma der Zellen hervor. Die Keimblase hat bei den meisten Säugethieren durchschnittlich einen Durchmesser von einem Millimeter (oder $\frac{1}{2}'''$), während ursprünglich der Durchmesser der Eizelle nur $\frac{1}{5}$ Mm. (oder $\frac{1}{10}'''$) betrug. Diese Vergrösserung wird verursacht durch die Flüssigkeit, welche von aussen her in die Keimblase eindringt; sie wird aufgesaugt aus dem Schleim des mütterlichen Fruchtbehälters, innerhalb dessen das Säugethier-Ei liegt.



Fig. 19.

Der Erste, der die Keimblase des Säugethieres entdeckte, war BAER; die erste genauere Beschreibung und Abbildung derselben wurde von BISCHOFF gegeben. Wenn wir nun diese kugelige Keimblase des Säugethieres unter dem Mikroskope von allen Seiten recht genau betrachten, so bemerken wir an einer Stelle ihrer Oberfläche einen kreisrunden dunkeln Fleck (Fig. 19 *c*). Es betheiligen sich nämlich nicht alle Zellen, die aus der Furchung hervorgehen, an der Bildung der Keimblasen-Wand, wie viele Schriftsteller angegeben haben. Vielmehr bleibt ein kleiner Theil von diesen ursprünglichen

---

Fig. 19. Keimhautblase (*Vesicula blastodermica*) aus dem Fruchtbehälter oder der Gebärmutter des Kaninchens. Die Furchungskugeln (*b*) bilden eine einfache Schicht von Zellen an der Innenfläche der Eihülle oder des Chorion (*a*). Die Kerne schimmern als helle Punkte aus den Zellen hervor, die durch gegenseitigen Druck sechseckig abgeplattet sind. An einer Stelle (bei *c*) liegt noch ein besonderer Haufen von unveränderten Furchungskugeln (die erste Anlage des Fruchthofes oder der Keimscheibe). Nach BISCHOFF.

Furchungszellen im Inneren zurück und legt sich an einer bestimmten Stelle der Keimblase an die innere Fläche der Keimhaut an. Dadurch entsteht der kleine kreisrunde Fleck, der bei Betrachtung der Keimblase von der Fläche an einer bestimmten Stelle deutlich hervortritt (Fig. 20 *c*) und bei durchfallendem Lichte unter dem Mikroskope dunkler als die übrige Keimblase, bei auffallendem Lichte hingegen trübe weisslich erscheint. Dreht man die Keimblase so, dass der Fleck am Rande erscheint (Fig. 19 *c*), so sieht man, dass der innere Zellenhaufen fast halbkugelig in den Hohlraum der Blase vorspringt. Später wird er flacher und endlich scheibenförmig. Dieser dunkle kreisrunde Fleck wird Fruchthof (*Area germinativa*) genannt, und ist von der grössten Bedeutung, weil dieses Stückchen allein die erste Anlage des bleibenden Säugethierkörpers darstellt, während der ganze übrige Abschnitt der Keimblase später nur als ein überflüssiger Anhang des Körpers (als Dottersack oder Nabelblase) erscheint, der nicht in den bleibenden Säugethierkörper selbst mit eingeht. Nur diejenigen Zellen also, welche an dieser Stelle sich ansammeln und den Fruchthof bilden: erstens die inneren Zellen, die als unveränderte Reste der Furchungszellen zu betrachten sind, und zweitens die äusseren Zellen, welche in der Keimhaut selbst über diesen inneren Zellen liegen und sie bedecken, liefern das zellige Baumaterial, aus welchem allein der Körper des Säugethieres sich aufbaut; die übrigen Zellen, welche den bei weitem grössten Theil des Umfangs der Keimblase bilden, nehmen an der Körperbildung selbst keinen Antheil [34]).

Während die kugelige Keimblase anfänglich in ihrer ganzen Ausdehnung (mit Ausnahme des Fruchthofes) nur aus einer einzigen dünnen Schicht oder Lage von Furchungszellen bestand, wird sie nunmehr bald zweischichtig. Es wächst nämlich die innere dunklere Zellenschicht des Fruchthofes (Fig. 20, 21) ringsherum an ihrem Rande weiter, indem sich ihre peripherischen, am Rande der Scheibe gelegenen Zellen kräftig vermehren. In Folge dessen breitet sie sich immer weiter an der inneren Fläche der Keimblase aus (Fig. 22, 23), wächst inwendig an derselben rings herum (Fig. 24) und bildet schliesslich eine vollständige innere Auskleidung derselben, eine zweite innere Zellenschicht. Gleichzeitig findet eine lebhafte Vermehrung und Wucherung der Zellen des Fruchthofes statt, und zwar in beiden Schichten desselben, in der Richtung der Dicke (in der Rich-

tung des Radius der kugeligen Keimblase); in Folge dessen ist nunmehr jede der beiden scheibenförmigen Schichten aus mehreren Zellenlagen zusammengesetzt.

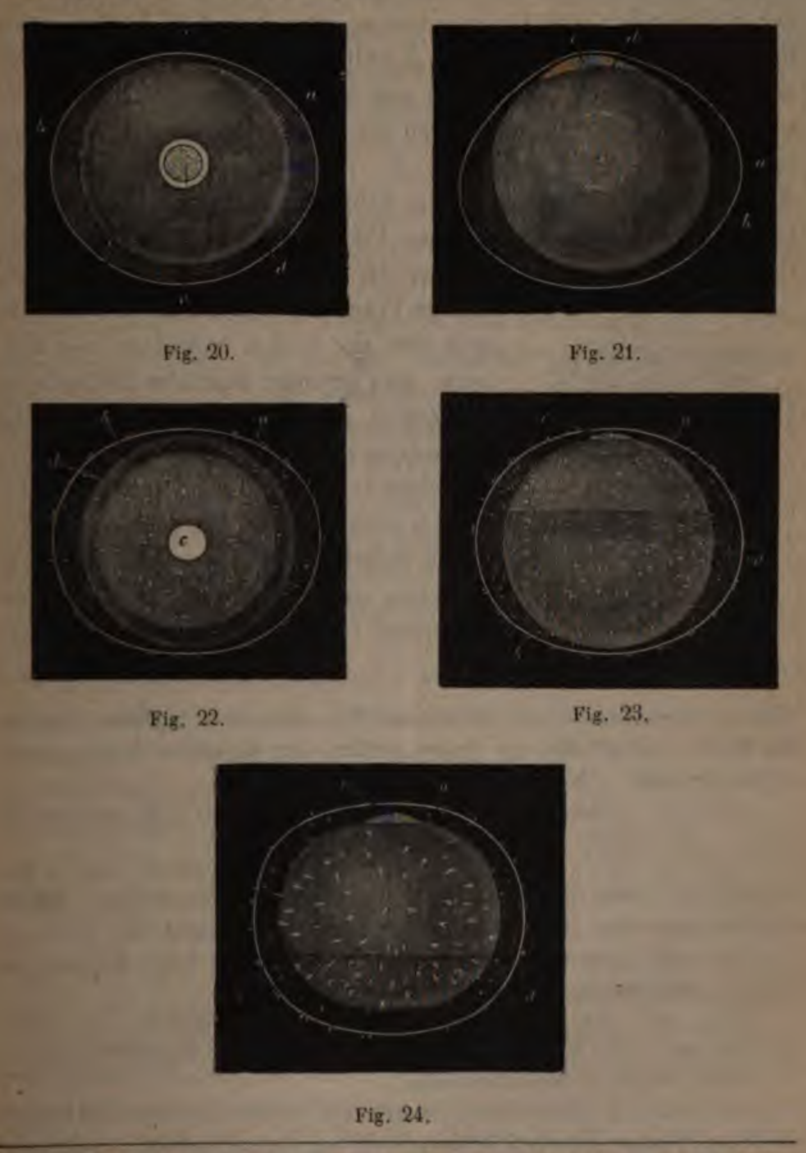


Fig. 20. Fig. 21.

Fig. 22. Fig. 23.

Fig. 24.

Fig. 20. Kaninchen-Ei aus dem Fruchtbehälter, von 4 Millimeter Durchmesser. Die Keimhautblase (*b*) hat sich etwas von der glatten äusseren Eihülle oder dem Chorion (*a*) zurückgezogen. In der

Auf diese Weise entsteht aus der ursprünglich einschichtigen oder einblätterigen Keimhautblase ein doppelschichtiges oder zweiblätteriges Blastoderm. Gleichzeitig löst sich die Keimhaut von der anliegenden Eihülle ab, indem sich zwischen beiden etwas Flüssigkeit ansammelt. Diese Eihülle, das *Chorion* oder die *Zona pellucida*, wird jetzt sehr dünn und zart. Während sie bisher glatt war (Fig. 20, 21), beginnt sie nun sich mit kleinen structurlosen Zotten oder Warzen zu bedecken, die von aussen aufgelagert werden (Fig. 22—24). Jede der beiden Schichten oder Blätter der Keimhautblase besteht in dem ganzen Umfange der Kugel nur aus einer einzigen Zellenlage; soweit aber der dunkle, kreisrunde, scheibenförmige Fruchthof im Blastoderm reicht, besteht jede der beiden Schichten aus mehreren, über einander liegenden Zellenlagen. Die Zellen jeder Schicht sind unter sich von Anfang an völlig gleich. Hingegen sind die Zellen der beiden Schichten bereits wesentlich verschieden. Die Zellen der inneren Schicht (oder des sogenannten Entoderms) sind grösser, dunkler, weicher; ihr Zellstoff färbt sich durch Carmin dunkel-



Fig. 25.

Mitte der Keimhaut ist der kreisrunde Fruchthof (*c*) sichtbar, an dessen Rande (bei *d*) sich die innere Schicht der Keimblase bereits auszubreiten beginnt. (Fig. 20—24 nach BISCHOFF.)

Fig. 21. Dasselbe Kaninchen-Ei, von der Seite gesehen (im Profil). Buchstaben wie bei Fig. 20.

Fig. 22. Kaninchen-Ei aus dem Fruchtbehälter, von 6 Mm. Durchmesser. Die Keimhaut ist bereits in grosser Ausdehnung doppelschichtig (*b*). Die äussere Eihülle (Chorion) wird zottig (*a*).

Fig. 23. Dasselbe Kaninchen-Ei, von der Seite gesehen (im Profil). Buchstaben wie bei Fig. 22.

Fig. 24. Kaninchen-Ei aus dem Fruchtbehälter, von 8 Mm. Durchmesser. Die Keimhautblase ist bereits fast ganz doppelschichtig (*b*), nur unten (bei *d*) noch einschichtig.

Fig. 25. Zellen aus den beiden primären Keimblättern des Säugethieres (aus den beiden Schichten der Keimhaut). *i* grössere dunklere Zellen der inneren Schicht, des vegetativen Keimblattes oder Entoderms. *e* kleinere hellere Zellen der äusseren Schicht, des animalen Keimblattes oder Exoderms.

roth und enthält viele Fettkörnchen; sie sind wenig von den ursprünglichen Furchungskugeln verschieden (Fig. 25 *i*). Die Zellen der äusseren Schicht hingegen (oder des Exoderms) sind kleiner, heller, fester; ihr Zellstoff wird durch Carmin nur schwach hellroth gefärbt und enthält nur wenige kleine Fettkörnchen; sie unterscheiden sich viel mehr von den ursprünglichen Furchungszellen (Fig. 25 *e*).

Mit der Ausbildung oder Differenzirung dieser beiden zelligen Blastoderm-Schichten, der „Blätter der Keimblase", welche man leicht mechanisch von einander trennen kann, ist ein höchst wichtiger Fortschritt zur fundamentalen Constitution des Säugethier-Körpers gegeben. Diese beiden Zellenschichten sind nämlich nichts Anderes, als die bedeutungsvollen beiden primären Keimblätter, welche für sich allein die erste Grundlage des Körpers sämmtlicher Thiere (mit einziger Ausnahme der Protozoen) zusammensetzen und alle später denselben aufbauenden Zellen erzeugen. Die innere, weichere und dunklere Zellenschicht ist das innere primäre Keimblatt oder das Darmblatt, das „vegetative Keimblatt" (*Entoderma* oder *Gastrophyllum*, auch *Lamina gastralis* oder *mucosa* genannt). Die äussere, festere und hellere Zellenschicht ist das äussere primäre Keimblatt oder das Hautblatt, das „animale Keimblatt" (*Exoderma* oder *Dermophyllum*, auch *Lamina dermalis* oder *serosa* genannt).

In diesem zweiblätterigen Entwickelungs-Stadium verlassen wir jetzt den Säugethier-Keim auf einige Zeit und wenden uns zur Betrachtung des Vogel-Eies. Dieses ist, wie Sie bereits wissen, deshalb von ganz besonderer Bedeutung, weil wir ja bezüglich vieler Entwickelungs-Verhältnisse sehr häufig genöthigt sind, unsere Kenntniss zunächst vom Ei der Vögel zu entlehnen. Das Ei der Säugethiere ist viel schwieriger zu erlangen und zu untersuchen, und aus diesen praktischen, nebensächlichen Gründen viel seltener genau verfolgt. Hingegen können wir das Hühner-Ei in jedem Augenblick erhalten und durch künstliche Bebrütung desselben Schritt für Schritt jedes Stadium der Veränderungen verfolgen, welche der daraus hervorgehende Embryo im Laufe seiner Entwickelung erleidet. Das Vogel-Ei unterscheidet sich, wie wir schon früher gesehen haben, von dem kleinen Säugethier-Ei wesentlich durch seine sehr bedeutende Grösse, indem sich innerhalb des ursprünglichen Dotters oder des Protoplasma der Eizelle eine sehr bedeutende Masse von fett-

reichem Nahrungsdotter ansammelt, die gelbe Masse, welche wir täglich als Eidotter verzehren. Um zu einem richtigen Verständniss des Vogel-Eies zu gelangen, welches vielfach ganz falsch gedeutet worden ist, müssen wir dasselbe in seinen allerjüngsten Zuständen aufsuchen und von Anfang seiner Entwickelung an im Eierstock des Vogels verfolgen. Da sehen wir denn, dass das ursprüngliche Vogel-Ei eine ganz kleine und nackte, einfache Zelle mit Kern ist, weder in der Grösse noch in der Form von der ursprünglichen Eizelle der Säugethiere und anderer Thiere verschieden. Wie bei allen Schädelthieren wird die ursprüngliche Eizelle oder das Ur-Ei (*Protovum*) von einer zusammenhängenden Schicht kleinerer Zellen ringsum bedeckt, wie von einem Epithel. Diese Epithel-Hülle ist der sogenannte Graaf'sche Follikel (Fig. 210 *B*). Unmittelbar darunter wird vom Eidotter die structurlose Dotterhaut ausgeschieden.



Fig. 26.

Sehr frühzeitig nun beginnt das kleine Ur-Ei des Vogels eine Masse von Nahrungsstoff durch die Dotterhaut hindurch in sich aufzunehmen und zu dem sogenannten „gelben Dotter" (dem Eigelb oder Dottergelb) zu verarbeiten. Dadurch verwandelt sich das Ur-Ei in das Nach-Ei (*Metovum*), welches vielmals grösser ist, als das Ur-Ei, aber dennoch nur eine einzige, colossal vergrösserte Zelle darstellt [35]). Durch die Ansammlung der mächtigen gelben Dottermasse in dem Inneren der Protoplasma-Kugel wird der darin enthaltene Kern (das „Keimbläschen") ganz an die Oberfläche der Dotterkugel gedrängt. Hier ist derselbe von einer geringen Menge sogenannten „weissen Dotters" umgeben, d. h. von klarem weicheren Zellstoff, der nicht die gelben „Dotterkörner" enthält, welche das ganze Dottergelb zusammensetzen. Die kleine, den Eikern umgebende Masse des weissen Dotters oder das „Dotterweiss" bildet aussen auf der gelben Dotter-

Fig. 26. Eine reife Eizelle aus dem Eierstock des Huhnes (im Durchschnitt). Der gelbe Nahrungsdotter ist aus concentrischen Schichten (*c*) zusammengesetzt und von einer dünnen Dotterhaut (*a*) umhüllt. Der Zellenkern oder das Keimbläschen liegt oben in der Narbe (*b*). Von da setzt sich der weisse Dotter (hier schwarz) bis in die Dotterhöhle fort (*d'*). Doch sind beide Dotter-Arten nicht scharf geschieden.

kugel, an einer Stelle der Oberfläche, ein kleines kreisrundes weisses Fleckchen, den sogenannten „Hahnentritt" oder die Narbe (Fig. 26, *b*). Von dieser Narbe aus geht ein fadenförmiger Strang von Dotterweiss (*d*) bis in die Mitte der gelben Dotterkugel radial hinein und bildet hier eine kleine centrale Kugel von Dotterweiss (Fig. 26, *d*). Diese ganze weisse Dottermasse ist aber nicht scharf von dem gelben Dotter getrennt, der auf erhärteten Eiern eine schwache Andeutung von concentrischer Schichtung zeigt (Fig. 26, *c*). Wie an diesem kugeligen gelben Vogel-Ei im Eierstock, so findet man auch an dem gelegten Hühner-Ei, wenn man die Eischale öffnet und den Dotter herausnimmt, an dessen Oberfläche eine kreisrunde kleine weisse Scheibe, die der Narbe oder dem Hahnentritt entspricht, obgleich sie etwas ganz Anderes ist. Die ganze gelbe Dottermasse ist völlig bedeutungslos für die Gestaltbildung des entstehenden Hühnchens, indem dieselbe nur als Nahrungsstoff von dem sich entwickelnden Embryo verbraucht, als Proviant verzehrt wird. Die klare voluminöse Eiweismasse, welche den gelben Dotter des Vogel-Eies umgiebt, und ebenso die feste Kalkschale des letzteren, werden erst innerhalb des Eileiters um das bereits befruchtete Vogel-Ei herumgebildet.

Nachdem die Befruchtung des Vogel-Eies innerhalb des mütterlichen Körpers erfolgt ist, findet auch hier, ganz wie beim Säugethier, eine wiederholse Spaltung der ursprünglichen Eizelle statt, nur mit dem Unterschiede, dass diese Vermehrung der Eizelle hier nicht durch Theilung, sondern durch Knospung geschieht[36]). Nur die weisse Narbe oder der Hahnentritt wird von dieser Spaltung betroffen, indem zunächst das darin eingeschlossene Keimbläschen in zwei neue Kerne zerfällt. Durch fortgesetzte Spaltung entstehen daraus 4, 8, 16, 32, 64 Kerne u. s. w., von denen sich jeder mit einer kleinen Quantität des weissen Dotters umgiebt. Das Endresultat ist, dass sich auch hier wieder eine kleine kreisrunde Scheibe bildet, die aus lauter kleinen Zellen besteht und dem Fruchthofe oder der *Area germinativa* des Säugethier-Eies entspricht. Der gelbe Dotter, die Hauptmasse des Vogel-Eies wird gar nicht von diesem Furchungsprocess betroffen, sondern bleibt unverändert. Gerade dieser Umstand war die Ursache, dass man den Vermehrungs-Process der Eizelle überhaupt „Furchung" nannte. Diese Bezeichnung wurde deshalb gewählt, weil auf der äusseren Oberfläche der mäch-

tigen Eizlle an der Stelle, wo das Keimbläschen liegt, sich im Beginne der Entwickelung zunächst oberflächliche feine Furchen bilden. Die Furchen, die bei oberflächlicher Betrachtung zuerst als

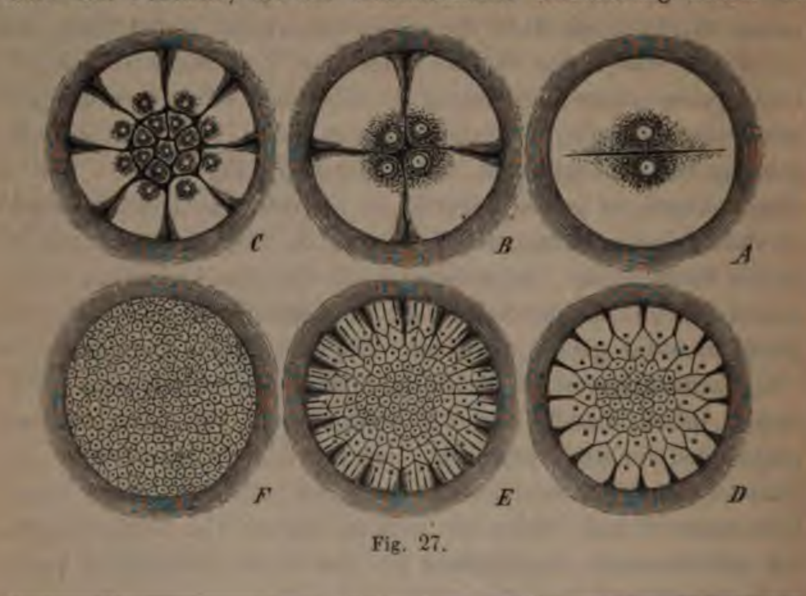


Fig. 27.

Fig. 27. Die partielle Furchung des Vogel-Eies, als Typus eines meroblastischen Eies (schematisch, ungefähr 10mal vergrössert). Nur der Bildungsdotter (der Hahnentritt oder die Narbe) ist an diesen 6 Figuren (*A—F*) dargestellt, weil an ihm allein sich die Furchung vollzieht. Der viel grössere Nahrungsdotter, welcher bei der Furchung sich nicht betheiligt, ist weggelassen. *A* Durch die erste Furche zerfällt die Narbe in zwei Zellen. *B* Diese beiden ersten „Furchungsstücke" zerfallen durch eine zweite (auf der ersten senkrechte) Furche in vier Zellen. *C* Aus diesen vier „Furchungsstücken" sind 16 Zellen geworden, indem zwischen den beiden ersten Kreuzfurchen zwei andere radiale Furchen entstanden sind und indem die inneren Enden dieser 8 strahligen oder radialen Segmente durch eine centrale Ringfurche abgeschnitten sind. *D* Ein Stadium mit 16 peripherischen Radialfurchen und etwa vier concentrischen Ringfurchen. *E* Ein Stadium mit 64 peripherischen Radialfurchen und etwa sechs Ringfurchen. *F* Durch fortgesetzte Bildung von Strahlfurchen und Ringfurchen ist die ganze Narbe in einen Haufen kleiner Zellen zerfallen, die sich über einander in zwei Schichten ordnen. Die Narbe ist jetzt zur Keimscheibe mit den beiden primären Keimblättern geworden. Immer geht der Furchenbildung die Theilung der Kerne vorher.

Kreuzfurchen sich zeigen, dann als Sternfurchen und später als concentrische Ringfurchen, alle diese Furchen, welche dem Furchungsprocesse zu seinem unpassenden Namen verhalfen, sind weiter nichts als die Trennungsgrenzen zwischen den neu entstehenden Zellen, den sogenannten „Furchungskugeln". Sowohl bei den Eiern der Vögel und der nächst verwandten Reptilien, wie bei den Eiern aller anderen Thiere, die einen mächtigen Nahrungsdotter besitzen (z. B. der Cephalopoden oder Tintenfische) beschränkt sich die Furchung auf die Stelle der Eizelle, wo das Keimbläschen liegt, während der Nahrungsdotter selbst zunächst davon unberührt bleibt. Gerade deshalb müssen wir diese Spaltungs-Art des Eies, die sogenannte partielle Furchung als Knospung auffassen, während die totale Furchung des Säugethier-Eies eine wiederholte wahre Theilung ist[37]).

Das Resultat der Furchung ist übrigens immer schliesslich dasselbe, mag sie nun total oder partiell sein. Immer entsteht ein Haufen von gleichartigen Zellen, welche sich in die beiden primären Keimblätter differenziren. Ueberhaupt ist der Unterschied zwischen totaler und partieller Furchung, auf den man früher grosses Gewicht legte, im Grunde von ganz untergeordneter Bedeutung, und lediglich durch die Ernährungs-Verhältnisse des Embryo, der sich aus der Eizelle entwickelt, bedingt. Die ursprüngliche Furchungs-Weise des Thier-Eies ist die totale. Sie findet sich bei allen niedersten und bei der grossen Mehrzahl der niederen Darmthiere vor, z. B. bei den Schwämmen, Corallen, vielen Würmern (Fig. 17), den Sternthieren, den niederen Gliederthieren und vielen Wirbelthieren (Amphioxus, Amphibien, Säugethiere, Mensch). Alle diese Eier mit totaler Furchung heissen *Ovula holoblasta* und besitzen keinen Nahrungsdotter. Hingegen entwickelt sich ein Nahrungsdotter bei höheren Thieren verschiedener Klassen, z. B. bei Insecten, höheren Spinnen und Crustaceen, Cephalopoden und den meisten Wirbelthieren (Fischen, Reptilien, Vögeln). Alle diese Eier, bei denen der Embryo vom Nahrungsdotter zehrt, haben partielle Furchung und heissen *Ovula meroblasta*. Nicht selten haben von zwei ganz nahe verwandten Thieren (bisweilen selbst von zwei Species einer Gattung, z. B. *Gammarus*) das eine totale, das andere partielle Furchung.

Die partielle Furchung des befruchteten Vogel-Eies geschieht noch innerhalb des Eileiters, und an dem „gelegten" Eie, welches aus dem Eileiter herausgetreten ist, und welches wir für unsere Brütmaschinen

benutzen, ist bereits die Narbe in die vielzellige Keimscheibe verwandelt. Da finden wir zwar ebenfalls noch, wie beim unbefruchteten Eie, oben auf der gelben Dotterkugel einen kleinen kreisrunden weissen Fleck, einen sogenannten Hahnentritt oder Cicatricula. Aber hier besteht diese weisse Keimscheibe oder Narbe bereits aus zwei Schichten von Zellen, während sie an dem unbefruchteten Hühner-Ei nur einen kleinen Theil einer einzigen colossalen Zelle bildete. Wenn man das gelegte Hühnerei öffnet, findet man diese weisse Keimscheibe, welche die wahre Keimhaut oder das Blastoderma ist, immer ganz oben auf dem gelben Dotter. Das rührt daher, dass ihre Substanz specifisch leichter ist als der gelbe Dotter. Von der Keimscheibe aus zieht sich (wie bei der unbefruchteten Eizelle) ein weisser Dotterstrang radial in das Innere der gelben Dotterkugel hinein und verbindet sich dort mit einer centralen weissen Dotterkugel, die von dem gelben Dotter verschieden ist. Alle diese weissen und gelben Dottertheile bilden zusammen den Nahrungsdotter, der vom Embryo als Proviant verzehrt wird und zu seiner Ernährung dient. Die Keimscheibe oder der *Blastodiscus* (welcher dem „Fruchthofe" der Säugethiere homolog ist) stellt allein den Bildungsdotter dar, aus dessen Zellen sich der Vogel-Körper aufbaut[38]).

Wenn wir die Keimscheibe oder den Blastodiscus des gelegten Vogel-Eies genau unter dem Mikroskope untersuchen, so finden wir dieselbe aus zwei kreisrunden, über einander liegenden Zellenschichten oder Blättern zusammengesetzt, die wir leicht mechanisch von einander trennen können. Diese beiden Blätter sind ganz dieselben zwei primären Keimblätter, die wir vorher am Blastoderm der Säugethiere unterschieden haben. Die Zellen des inneren oder vegetativen Keimblattes (des Entoderms) sind dunkler, weicher, körniger und fast doppelt so gross, als die helleren, festeren und durchsichtigeren Zellen des äusseren oder animalen Keimblattes, des Exoderms (Fig. 25, S. 150).

Anfänglich ist die Keimscheibe des Vogel-Eies, welche dem Fruchthofe des Säugethier-Eies entspricht, auf die Gegend der früheren Cicatricula beschränkt. Später aber breitet sie sich ringsum weiter aus, indem die Zellen ihrer beiden Blätter mächtig wuchern und sich vermehren. Das kreisrunde Darmblatt wird grösser und grösser und umwächst endlich später die gelbe Dotterkugel ganz. Eigentlich ist also nunmehr auch das Vogel-Ei, gleich dem Säugethier-Ei, in eine geschlossene, kugelige Keimblase umgewandelt, von der nur ein

kleiner Theil, der ursprüngliche Fruchthof, zur Bildung des Embryokörpers selbst verwendet wird. Daraus ergiebt sich zugleich, dass die ganze Keimblase des Säugethier-Eies — nach Abzug des Fruchthofes — mit ihrem wasserklaren Inhalte dem ganzen gelben und weissen Nahrungsdotter des Vogel-Eies sammt seiner Darmblatt-Hülle entspricht. Jene wie diese liefern nur Nahrungsmaterial für den Embryo, dessen Körper sich in beiden Fällen blos aus den Zellen des zweiblättrigen Fruchhofes oder der Keimscheibe aufbaut.

Wir wollen jetzt den Embryo der Säugethiere und Vögel, der höchst entwickelten Thierklassen, in diesem zweiblättrigen Zustande kurze Zeit verlassen und einen vergleichenden Seitenblick auf die Ontogenese der niederen Thiere werfen. Die Furchung ist hier meistens total und endigt (wie bei den Säugethieren) mit der Bildung der maulbeerförmigen Zellenkugel oder Morula (Fig. 18, S. 146). Aus dieser Morula geht nun bei Schwämmen, Polypen, Würmern und bei anderen niederen Thieren der verschiedensten Klassen unmittelbar ein sehr einfacher, aber vollständiger Thierkörper hervor, welcher eine hohle Blase mit einer Oeffnung und mit einer doppelschichtigen Wand darstellt (Fig. 28). Wir wollen diese bedeutungsvolle Ent-

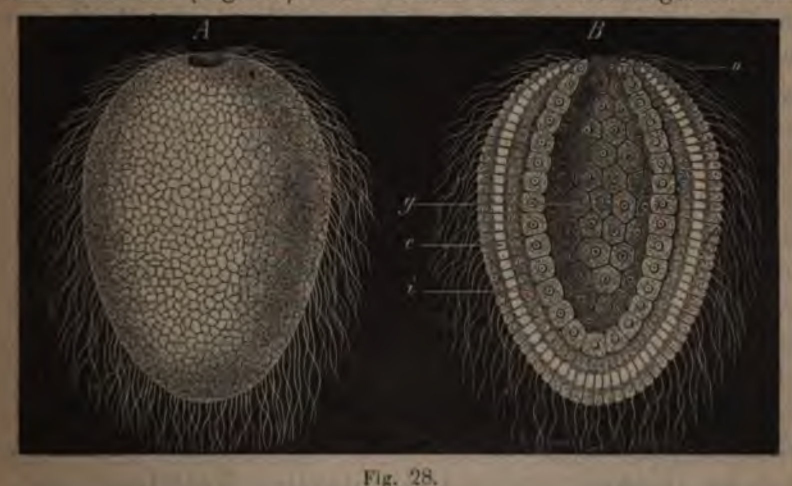


Fig. 28.

Fig. 28. Gastrula eines Kalkschwammes (Olynthus). A von aussen, B im Längsschnitte durch die Axe. g Urdarm (primitive Darmhöhle). o Urmund (primitive Mundöffnung). i Innere Zellenschicht der Körperwand (inneres Keimblatt, Entoderm oder Darmblatt). e Aeussere Zellenschicht (äusseres Keimblatt, Exoderm oder Hautblatt).

wickelungsform, welche ich für den wichtigsten Entwickelungszustand im ganzen Thierreiche halte, einstweilen als Darmlarve oder Gastrula bezeichnen. Wir werden später die ausserordentliche Bedeutung derselben würdigen (S. 323—326).

Die Gastrula ist bald kugelig, bald sphäroidisch abgeplattet, bald ellipsoid, eiförmig oder länglich rund, meistens von 0,1—0,5 Mm. Durchmesser, so dass sie dem blossen Auge eben sichtbar ist. Ihre innere einfache Höhle ist die erste Anlage der Magenhöhle oder Darmhöhle des entstehenden Thieres (der „Urdarm"); ihre Oeffnung die Mundöffnung (der „Urmund"). Die Wand des hohlen Körpers besteht bloss aus zwei einfachen Zellenschichten; die innere Zellenschicht entspricht dem inneren oder vegetativen Keimblatt, dem Entoderm der höheren Thiere; die äussere Zellenschicht hingegen dem äusseren oder animalen Keimblatt, dem Exoderm der letzteren.

Nur der formenreichen Abtheilung der niedersten Thiere, den Urthieren oder Protozoen, fehlen diese beiden primären Keimblätter völlig. Sie bringen es überhaupt noch nicht zur Bildung von Keimblättern und zur Bildung eines wahren Darmes. Bei allen übrigen Thieren, die wir deshalb als Darmthiere oder Metazoen zusammenfassen, bilden jene beiden primären Keimblätter die Grundlage des ganzen Körpers. Die niedersten Darmthiere, welche wir kennen, nämlich die niederen Pflanzenthiere (Spongien, einfachste Polypen u. s. w.) bleiben zeitlebens auf dieser einfachsten Bildungsstufe stehen; ihr ganzer Körper ist nur aus zwei Zellenschichten oder Blättern zusammengesetzt. Diese Thatsache ist von ausserordentlicher Bedeutung, weil wir sehen, dass der Mensch, und überhaupt jedes Wirbelthier, rasch vorübergehend ein zweiblättriges Bildungsstadium durchläuft, welches bei jenen niedersten Pflanzenthieren zeitlebens erhalten bleibt. Wenn wir hier wieder unser biogenetisches Grundgesetz anwenden, so gelangen wir sofort zu folgendem hochwichtigen Schlusse: „Der Mensch und alle anderen Thiere, welche in ihrer ersten individuellen Entwickelungs-Periode eine zweiblätterige Bildungsstufe durchlaufen, müssen von einer uralten einfachen Stammform abstammen, deren ganzer Körper zeitlebens (wie bei den niedersten Pfanzenthieren noch heute) nur aus zwei verschiedenen Zellenschichten oder Keimblättern be-

standen hat." Wir wollen diese bedeutungsvolle uralte Stammform, auf welche wir später ausführlich zurückkommen müssen, vorläufig **Gastraea** (d. h. Urdarmthier) nennen [13]).

Natürlich hängt die Richtigkeit dieser „Gastraea-Theorie" von dem Nachweise ab, dass die beiden primären Keimblätter bei allen Darmthieren dieselben, dass sie gleichbedeutend oder homolog sind. Der Nachweis dieser Homologie der Keimblätter wird dadurch geliefert, das sich aus ihnen überall, durch die ganze Thierreihe vom Schwamm bis zum Menschen hinauf, dieselben fundamentalen Organe entwickeln. Die Zellen des Exoderms oder des äusseren Blattes bilden späterhin: Erstens die äussere Decke oder Umhüllung des Körpers, die Oberhaut mit ihren Anhängen (Haaren, Nägeln u. s. w.); zweitens das Centralnervensystem, sowie den wichtigsten Theil der höheren Sinnesorgane; ferner drittens wahrscheinlich den grössten Theil des Fleisches, nämlich die Muskeln des Rumpfes und der Gliedmaassen; und viertens bei den Wirbelthieren auch das Knochengerüste, kurz die gesammten Bewegungs- und Empfindungs-Organe. Alle diese Organe vermitteln die sogenannten animalen Lebenserscheinungen und deshalb nannte schon BAER dieses äussere Keimblatt auch das animale Keimblatt; REMAK nannte es das sensorielle Keimblatt oder „Sinnesblatt", weil ausser der Haut auch das Nervensystem und die wichtigten Sinnesorgane daraus sich bilden.

Hingegen liefern die Zellen des Entoderms oder des inneren Keimblattes bei allen Thieren vom Schwamm bis zum Menschen hinauf: Erstens das gesammte Darm-Epithelium, d. h. die innere zellige Auskleidung des Darmcanals und aller damit zusammenhängenden Drüsen: Leber, Lunge, Speicheldrüsen u. s. w.; zweitens wahrscheinlich auch das Darmfleisch, d. h. die Muskeln, welche am Darmcanal selbst in dessen Wand liegen und ihn in Bewegung versetzen: drittens das Herz und die davon ausgehenden Blutgefässe; und viertens endlich vielleicht auch die Zellen der Geschlechtsorgane: (doch ist das letztere noch unsicher; vergl. den XXV. Vortrag). Alle diese Organe vollziehen diejenigen Functionen, welche man gewöhnlich unter dem Namen der vegetativen zusammenfasst, die Functionen der Ernährung und Fortpflanzung, und deshalb nennt man seit BAER dieses untere Keimblatt das vegetative Keimblatt: REMAK nennt es das trophische oder ernährende Blatt.

Bei denjenigen niederen Pflanzenthieren, deren ganzer Körper zeitlebens auf der zweiblättrigen Bildungsstufe stehen bleibt, vor allen bei den Schwämmen oder Spongien, bleiben auch diese beiden Functions-Gruppen, animale und vegetative Leistungen, scharf auf die beiden einfachen primären Keimblätter vertheilt. Zeitlebens behält hier das äussere oder animale Keimblatt die einfache Bedeutung einer umhüllenden Decke (einer Oberhaut) und vollzieht zugleich die Bewegungen und Empfindungen des Körpers. Hingegen die innere Zellenschicht oder das vegetative Keimblatt behält zeitlebens die einfache Bedeutung des Darmepitheliums, einer ernährenden Darmzellenschicht, und scheint ausserdem nur noch die Fortpflanzungszellen zu bilden [22])

Wir werden später sehen, dass diese beiden ursprünglichen, primären Keimblätter ganz in derselben Form und Bedeutung bei Thieren der verschiedensten Thierstämme wiederkehren. Indessen möge schon jetzt beiläufig darauf hingewiesen werden, dass ganz dieselbe Bildung der beiderlei Zellen-Arten, welche diese beiden Keimblätter zusammensetzen, überall zu finden ist: bei den verschiedensten Pflanzenthieren (Schwämmen, Corallen, Medusen), bei Würmern aller Klassen, bei allen Sternthieren (Seesternen, Seeigeln u. s. w.), bei den Gliederthieren (Krebsen, Insecten), bei den Weichthieren (Schnecken, Muscheln u. s. w.) und bei sämmtlichen Wirbelthieren. Ueberall entstehen aus der Furchung des befruchteten Eies zunächst gleichartige Zellen, welche sich alsbald in zwei verschiedene Formationen sondern: Die grösseren, dunkleren und weicheren Zellen setzen das vegetative, die kleineren, helleren und festeren Zellen das animale Keimblatt zusammen. Ueberall vollzieht sich dieser erste, älteste und wichtigste Differenzirungs-Process in derselben Weise, und gerade die Identität dieser ersten Keimesanlagen ist von der grössten Bedeutung für unsere Theorie, dass alle Darmthiere zu einem einzigen Stammbaum gehören. Wenn wirklich unser biogenetisches Grundgesetz richtig und die Ontogenie eine kurze Recapitulation der Phylogenie ist, so sind wir berechtigt, anzunehmen, dass in frühester Urzeit eine gemeinsame Stammform existirt hat, deren ganzer Körper zeitlebens nur aus diesen beiden primären Keimblättern in hrer allereinfachsten Form bestand. Als diese uralte Wurzelform wird sich uns ganz von selbst die genannte Gastraea ergeben, die wir später noch eingehend zu betrachten haben (S. 392).

Zunächst kehren wir jetzt zu der zweiblättrigen Keimscheibe oder dem Fruchthofe des Menschen zurück, der sich bei seiner weiteren Ausbildung vollständig gleich demjenigen der Säugethiere, Vögel und Reptilien, überhaupt aller höheren Wirbelthiere verhält. Die nächsten Schicksale des zweiblättrigen Keims sind überhaupt bei allen höheren Thieren dieselben. Mit Ausnahme der niedersten Pflanzenthiere, der Schwämme und vieler Polypen, die ruhig auf dieser Bildungsstufe zeitlebens stehen bleiben, geht das zweiblättrige Stadium der Keimanlage zunächst in ein dreiblättriges und dann in ein vierblättriges Stadium über. Mit dem Zustandekommen von vier übereinander liegenden Keimblättern haben wir dann vorläufig wieder einen festen und sichern Standpunkt gewonnen, von welchem aus wir die weiteren, viel schwierigeren und verwickelteren Vorgänge der Ausbildung beurtheilen und verfolgen können. Durch die zuverlässigen Untersuchungen zahlreicher Forscher, welche sich über die Ontogenese der verschiedensten höheren Thiere erstrecken, ist gegenwärtig die hochwichtige Thatsache festgestellt, dass hier überall in einem gewissen Stadium der Keim aus vier secundären Keimblättern zusammengesetzt ist. Zwischen dem zweiblättrigen und dem vierblättrigen Stadium liegt sehr häufig ein dreiblättriges Stadium in der Mitte.

So sicher dieses Resultat ist, dass anfangs zwei, später vier Blätter vorhanden sind, so schwierig ist die Erkenntniss, wie diese vier secundären Blätter aus den zwei primären Blättern entstanden sind. In dieser Beziehung lauten die Angaben der zahlreichen Beobachter, welche sich damit beschäftigt haben, so entgegengesetzt, dass es unmöglich ist, aus ihrer Zusammenstellung die Wahrheit zu erkennen. Nur darüber ist von vorn herein kein Zweifel, dass diese vier Blätter einzig und allein aus den beiden ursprünglichen Keimblättern entstanden sind, und nicht etwa theilweise „von aussen hineingewandert“, wie REICHERT, HIS und andere unklare Beobachter behauptet haben. Dagegen gilt die Frage augenblicklich noch nicht für entschieden, ob die beiden mittleren Blätter gemeinsam aus einem der beiden primären (aus dem äusseren oder dem inneren) entspringen, oder ob vielleicht das eine der beiden mittleren Blätter aus dem oberen, das andere aus dem unteren primären Keimblatte abzuleiten ist.

Ich will zunächst die Bedeutung der zwei mittleren Blätter kurz erwähnen, damit Sie wissen, welche Schlüsse sich daran für die allgemeine Entwickelungsgeschichte knüpfen. Wir werden diese beiden mittleren Blätter als zweites und drittes bezeichnen müssen, wenn wir von aussen nach innen durchgehend die vier secundären Keimblätter numeriren. Aus dem zweiten Keimblatte (oder dem äusseren Mittelblatte), welches man Hautmuskelblatt oder Hautfaserblatt nennt, entsteht die Lederhaut, die Muskulatur oder das Fleisch des Rumpfes, (die Muskeln, welche Körper und Extremitäten bewegen), sowie das innere Skelet oder Knochengerüst des Körpers. Aus dem dritten Keimblatte (oder dem inneren Mittelblatte), welches man Darmmuskelblatt oder Darmfaserblatt nennt, entstehen die Muskeln und Faserhäute, welche zunächst das innere Zellenrohr des Darms und seine Drüsen umgeben, und welche die Verdauungsbewegungen des Schlundes, der Speiseröhre, des Magens und der verschiedenen übrigen Abschnitte des Darmcanals vermitteln; ferner entstehen daraus das Herz und die wichtigsten Blutgefässe. Die beiden Mittelblätter liefern also vorzugsweise diejenigen Zellenschichten, welche zur Bildung von faserigen Häuten und von Fleisch oder Muskeln verwendet werden. Die Zellen des zweiten Blattes verwandeln sich in das Fleisch und das Knochengerüste des Rumpfes; die Zellen des dritten Blattes in die Muskeln und die Faserhäute des Darmcanales. Beide Mittelblätter werden daher als Muskel- oder Fleischblätter bezeichnet; das äussere als Hautmuskelblatt, weil es dem ersten secundären Blatte, dem Hautsinnesblatte, anliegt; das innere als Darmmuskelblatt, weil es dem vierten secundären Blatte, dem Darmdrüsenblatte anliegt (Fig. 29).



Fig. 29.

Der erste Naturforscher, der die vier secundären Keimblätter der höheren Thiere erkannte und scharf unterschied, war BAER. Aller-

---

Fig. 29. Schematischer Durchschnitt durch den peripherischen Theil der Keimscheibe eines höheren Wirbelthieres, wo die vier secundären Keimblätter unmittelbar über einander liegen: *hs* Erstes Blatt oder Hautsinnesblatt. *hm* Zweites Blatt oder Hautfaserblatt. *df* Drittes Blatt oder Darmfaserblatt. *dd* Viertes Blatt oder Darmdrüsenblatt.

dings wurde er über ihren Ursprung und ihre weitere Bedeutung nicht vollständig klar, und deutete im Einzelnen ihre verschiedene Verwendung nicht ganz richtig. Aber im Grossen und Ganzen entging ihm ihre hohe Bedeutung nicht, und er sprach bereits diejenige Ansicht über die Entstehung der beiden Mittelblätter aus, welche ich noch heute (den meisten anderen Autoren entgegen) für die richtige halte. Er leitet nämlich das äussere Mittelblatt vom äusseren primären, das innere Mittelblatt vom inneren primären Keimblatt (durch Abspaltung) ab, und sagt: Das äussere oder animale Keimblatt zerfällt in zwei Schichten: eine Hautschicht und eine Fleischschicht; ebenso zerfällt das innere oder vegetative Keimblatt in zwei Schichten: eine Gefässschicht und eine Schleimschicht [39]. Verglichen mit den neueren, jetzt üblichen Benennungen stellt sich diese Ansicht BAER's, die ich bezüglich des phylogenetischen Ursprungs der Mittelblätter für die richtige halte, in folgendem Schema dar:

A. Die zwei primären Keimblätter.	B. Die vier secundären Keimblätter.
I. Aeusseres oder animales Keimblatt (Hautblatt oder Exoderm).	1. Hautsinnesblatt (Hautschicht, BAER).
	2. Hautfaserblatt (Fleischschicht, BAER).
II. Inneres oder vegetatives Keimblatt (Darmblatt oder Entoderm)	3. Darmfaserblatt (Gefässschicht, BAER).
	4. Darmdrüsenblatt (Schleimschicht, BAER).

Abweichend von dieser Anschauung nehmen die meisten neueren Beobachter an, dass die beiden Mittelblätter aus der Flächenspaltung eines einzigen mittleren Keimblattes hervorgehen. Hiernach soll also zunächst zwischen den beiden primären Keimblättern ein drittes Blatt entstehen, und durch secundäre Spaltung soll dieses mittlere Keimblatt abermals der Fläche nach in zwei Blätter zerfallen. Allein der eine Theil der Beobachter leitet dieses dritte Blatt mit derselben Bestimmtheit vom unteren, wie der andere Theil vom oberen primären Keimblatte ab. Gerade dieser verdächtige Umstand, sowie viele andere (namentlich vergleichend-anatomische) Gründe leiten uns auf die Vermuthung, die ich für die wahrscheinlichste halte, dass Keiner von Beiden Recht hat, und dass vielmehr das äussere Mittelblatt vom animalen, das innere Mittelblatt vom vegetativen Keimblatte abstammt. Allerdings werden wir nachher sehen, dass bei den Wirbelthieren gewöhnlich zuerst nur ein ein-

faches mittleres Blatt (REMAK's motorisch-germinatives Keimblatt) zwischen den beiden primären Keimblättern auftritt, und dass durch dessen Spaltung erst secundär die beiden verschiedenen Mittelblätter (Hautfaserblatt und Darmfaserblatt) entstehen. Ich habe aber in meiner Arbeit über die Gastraea-Theorie [13] zu zeigen gesucht, (und werde dies nachher noch näher begründen), dass dieser Vorgang wahrscheinlich auf gefälschter Vererbung beruht. Das einfache mittlere Keimblatt der Wirbelthiere ist höchst wahrscheinlich erst secundär durch Verwachsung von zwei primär getrennten Mittelblättern entstanden, und die Spaltung des ersten in die beiden letzteren ist demnach als ein tertiärer Vorgang aufzufassen. Dieses Verhältniss wird durch folgende Zusammenstellung klar:

REMAK's drei Keimblätter.		Die vier secundären Keimblätter.	Die zwei primären Keimblätter.
Aeusseres oder oberes Blatt	I. Aeusseres (oder oberes) Keimblatt (Sensorielles Blatt)	1. Hautsinnesblatt	Animales Blatt, Exoderm, Hautblatt.
Inneres oder unteres Blatt	II. Mittleres Keimblatt (Motorisch-germinatives Blatt)	2. Hautfaserblatt	
		3. Darmfaserblatt	Vegetatives Blatt, Entoderm, Darmblatt.
	III. Inneres (oder unteres) Keimblatt (Trophisches Blatt)	4. Darmdrüsenblatt	
Gefälschter ontogenetischer Process.		Ursprünglicher phylogenetischer Process.	

Sei dem nun, wie ihm wolle, wir haben jetzt jedenfalls den wichtigen festen Punkt der Entwickelungsgeschichte erreicht, wo der ganze Körper des Wirbelthieres (gleich dem der meisten höheren Thiere) eine ganz einfache runde Scheibe darstellt, die aus vier übereinander liegenden Blättern zusammengesetzt ist. Dies ist nicht etwa ein bildlicher Vergleich; sondern diese Bestandtheile der runden Keimscheibe sind wirkliche Blätter, dünne Platten, welche fest übereinander liegen. Alle vier Keimblätter haben dieselbe ganz einfache Gestalt eines dünnen rundlichen Blattes, welches bald kreisrund, bald länglich rund, eiförmig oder lanzetförmig ist. Die vier Blätter hängen so fest zusammen, dass man die Keimscheibe als Ganzes vom Dotter abheben oder aus der Keimblase herausschneiden kann. Auf der anderen

Seite hängen die vier Blätter doch nur so locker zusammen, dass sie sich wirklich mechanisch von einander trennen oder abspalten lassen. Diese Trennbarkeit hängt damit zusammen, dass die Zellen der vier Blätter zwar in jedem Blatte ganz gleich. unter sich aber bereits etwas gesondert oder differenzirt sind. Das erste, das Hautsinnesblatt, besteht aus anderen Zellen, als das zweite, das Hautfaserblatt: die Zellen des letzteren sind wieder von denen des dritten oder Darmfaserblattes verschieden, und diese letzteren haben wiederum eine andere Beschaffenheit, als die Zellen des vierten oder Darmdrüsenblattes. Jedes der vier secundären Keimblätter kann man bei sehr genauer mikroskopischer und chemischer Untersuchung von den drei anderen unterscheiden, indem sowohl die morphologische als die chemische Beschaffenheit der Zellen bereits geringe Unterschiede darbietet. Dieselben vier Keimblätter, wie beim Menschen und den übrigen Wirbelthieren, finden wir nun aber auch bei den Weichthieren, Gliederthieren, Sternthieren, sowie bei den höheren Würmern (Fig. 30) und bei den höheren Pflanzenthieren wieder. Das ist eine Thatsache der vergleichenden Ontogenie, welche die grösste phylogenetische Bedeutung besitzt. Ueberall entwickeln sich diese vier secundären Keimblätter aus den zwei primären Keimblättern; bloss bei den niederen Pflanzenthieren, namentlich den Schwämmen, bleiben diese in ihrer ursprünglichen Einfachheit erhalten.

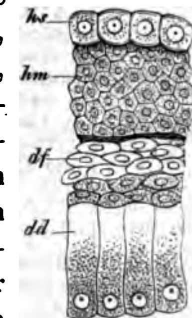


Fig. 30.

Schliesslich ist als ein besonderer Beweis von dem prophetischen Genius unseres grossen CASPAR FRIEDRICH WOLFF die merkwürdige Thatsache hervorzuheben, dass derselbe bereits als vier, „nach demselben Typus gebildete Systeme" dieselben vier secundären Keimblätter annahm, deren Nachweis erst ein halbes Jahrhundert später klar von CARL ERNST BAER geführt wurde [40].

Fig. 30. Stückchen von einem Querschnitt durch den Embryo eines Regenwurms (*Lumbricus*), wo die vier secundären Keimblätter unmittelbar über einander liegen. *hs* Hautsinnesblatt. *hm* Hautfaserblatt. *df* Darmfaserblatt. *dd* Darmdrüsenblatt.

Zweite Tabelle.

Uebersicht über die wichtigsten Verschiedenheiten in der Eifurchung der Thiere (vergl. Anmerk. 37).

(N.B. Die sechs Stämme der Darmthiere sind durch die Buchstaben *a*—*f* bezeichnet: *a* Pflanzenthiere, *b* Würmer, *c* Weichthiere, *d* Sternthiere, *e* Gliederthiere, *f* Wirbelthiere.)

I. **Totale Furchung.** Die ganze Eizelle zerfällt durch wiederholte Spaltung in viele Zellen.	IA. **Pertotale Furchung.** Alle Furchungszellen sind von Anfang an gleich und entstehen durch wiederholte regelmässige Theilung der Eizelle.	1. **Primordiale Furchung.** Alle Furchungszellen werden direct zur Keimbildung verwendet. Kein Dottersack.	*a.* Die meisten Pflanzenthiere. *b.* Die meisten Würmer. *c.* Einzelne niedere Weichthiere. *d.* Die grosse Mehrzahl der Sternthiere. *e.* Viele niedere Krebsthiere. *f.* Die schädellosen Wirbelthiere (Amphioxus).
		2. **Pseudototale Furchung.** Ein Theil der Furchungszellen wird zur Bildung eines Dottersackes verwendet.	*a.* Viele Siphonophoren (Crystallodes, Athorybia etc.). *f.* Der Mensch und die übrigen Säugethiere.
	IB. **Subtotale Furchung.** Die Furchungszellen sind von Anfang an ungleich und entstehen an einem Pole der Eizelle durch Knospung.	3. **Seriale Furchung.** Knospung in arithmetischer Progression (1, 2, 3, 4 etc. oder unregelmässig.	*b.* Manche Würmer. Ein Theil der Ringelwürmer, Räderthiere etc.)
		4. **Inaequale Furchung.** Knospung in geometrischer Progression (2, 4, 8, 16, 32 u. s. f.	*a.* Ctenophoren. *b.* Viele Würmer. *c.* Sehr viele Weichthiere (Schnecken etc.). *d.* Einzelne Sternthiere. *e.* Viele niedere Krebsthiere und Spinnen. *f.* Cyclostomen und Amphibien.
II. **Partiale Furchung.** Nur ein Theil der Eizelle zerfällt durch Spaltung in viele Zellen; ein anderer Theil bleibt ungespalten als Nahrungsdotter.	IIA. **Discoidale Furchung.** Die Furchungszellen entstehen an einem Pole der Eizelle durch Knospung und bilden eine Keimscheibe.	5. D. F. mit bauchständigem Dottersack.	*f.* Fische, Reptilien und Vögel.
		6. D. F. mit mundständigem Dottersack.	*c.* Cephalopoden (oder Tintenfische).
	IIB. **Superficiale Furchung.** Die Furchungszellen entstehen auf der ganzen Oberfläche der Eizelle und bilden eine Hülle um den Nahrungsdotter.	7. S. F. ohne Plasmodium-Bildung.	*e.* Viele Krebsthiere und Spinnen.
		8. S. F. mit Plasmodium-Bildung.	*e.* Viele Insecten.

Neunter Vortrag.

Die Wirbelthier-Natur des Menschen.

„Erkenne Dich selbst! Das ist der Quell aller Weisheit, sagten grosse Denker der Vorzeit, und man grub den Satz mit goldenen Buchstaben in die Tempel der Götter. Sich selbst zu erkennen, erklärte Linné für den wesentlichsten unbestreitbaren Vorzug des Menschen vor allen übrigen Geschöpfen. In der That weiss ich keine Untersuchung, welche des freien und denkenden Menschen würdiger wäre, als die Erforschung seiner selbst. Denn fragen wir uns nach dem Zwecke unseres Daseins, so werden wir ihn unmöglich ausser uns setzen können. Für uns selbst sind wir da!“

Carl Ernst Baer (1824).

Inhalt des neunten Vortrages.

Die Bundesgenossenschaft der vergleichenden Anatomie und Systematik. Die Stammverwandtschaft der Typen des Thierreiches. Die verschiedene Bedeutung und der ungleiche Werth der sieben Thier-Typen. Die Gastraea-Theorie und die phylogenetische Classification des Thierreiches. Abstammung der Gastraea von den Urthieren. Abstammung der Pflanzenthiere und Würmer von der Gastraea. Abstammung der vier höheren Thierstämme von den Würmern. Die Wirbelthier-Natur des Menschen. Wesentliche und unwesentliche Theile des Wirbelthier-Organismus. Der Amphioxus oder das Lanzetthierchen, und das ideale Urwirbelthier im Längschnitt und Querschnitt. Chorda oder Axenstab. Rückenhälfte und Bauchhälfte. Markrohr. Fleischrohr. Lederhaut. Oberhaut. Coelom oder Leibeshöhle. Darmrohr. Kiemenspalten. Lymphgefäss-System. Blutgefäss-System. Urnieren und Geschlechts-Organe. Die Producte der vier secundären Keimblätter.

IX.

Meine Herren!

Die schwierige Aufgabe, welche auf dem Wege unserer individuellen Entwickelungsgeschichte jetzt zunächst vor uns liegt, ist das Problem, die complicirte Gestalt des menschlichen Körpers mit allen seinen verschiedenen Theilen, Organen, Gliedern u. s. w. aus der Gestalt einer einfachen kreisrunden Scheibe abzuleiten, welche bloss aus einigen Zellenlagen oder Blättern besteht. Wir haben gesehen, dass aus dem befruchteten Ei sich in der That eine solche Scheibe entwickelt, und dass diese kreisrunde Scheibe, die wir Fruchthof oder Keimscheibe nannten, (wie bei den übrigen Thieren) anfangs nur aus zwei Schichten oder Zellenlagen besteht, die dann in drei oder vier Blätter sich spalten. Die Aufgabe nun, aus dieser einfachen Gestalt einer vierblättrigen Scheibe die verwickelte Gestalt des ausgebildeten menschlichen und thierischen Körpers abzuleiten ist schwierig, und so schwierig, dass wir uns zunächst nach einer Bundesgenossin umsehen wollen, die uns über viele Hindernisse hinweghelfen wird.

Diese mächtige Bundesgenossin ist die Wissenschaft der vergleichenden Anatomie. Sie hat die Aufgabe, durch Vergleichung der ausgebildeten Körperformen bei den verschiedenen Thiergruppen. bei den Klassen, Ordnungen, Familien u. s. w. die allgemeinen Gesetze der Organisation zu erkennen, nach denen der Thierkörper aufgebaut ist, und zugleich durch kritische Abschätzung des Unterschiedsgrades zwischen den verschiedenen Thierklassen und den grösseren Thiergruppen die systematischen Verwandtschaftsverhältnisse derselben festzustellen. Während man früher diese Aufgabe in einem teleologischen Sinne auffasste und in der thatsächlich bestehenden zweckmässigen Organisation der Thiere nach einem vorbedachten „Bauplane“ des Schöpfers suchte, hat sich neuerdings durch Feststellung der Descendenz-Theorie die vergleichende Anatomie viel mehr

vertieft, und ihre philosophische Aufgabe hat sich dahin gesteigert, die Verschiedenheit der organischen Formen durch die Anpassung, ihre Aehnlichkeit durch die Vererbung zu erklären: zugleich soll sie in der stufenweise verschiedenen Form-Verwandtschaft den verschiedenen Grad der Bluts-Verwandtschaft zu erkennen, und den Stammbaum des Thierreiches annähernd zu ergründen suchen. Die vergleichende Anatomie ist hierdurch in die innigste Verbindung mit der Systematik der organischen Körper getreten, die von anderer Seite her dasselbe Ziel sich stellt.

Wenn wir uns nun fragen, welche Stellung der Mensch unter den übrigen Organismen nach den neuesten Errungenschaften der vergleichenden Anatomie und Systematik einnimmt, wie sich die Stellung des Menschen im Systeme der Thiere durch Vergleichung der entwickelten Körperformen gestaltet, so kommen wir auf sehr einfache, aber höchst wichtige Verhältnisse, die uns zunächst für das Verständniss der embryonalen Entwickelnng und für ihre phylogenetische Deutung ausserordentlich bedeutende Hülfsmittel liefern. Seit Cuvier und Baer, seit den gewaltigen Fortschritten, welche durch diese beiden grossen Zoologen im Anfang unseres Jahrhunderts herbeigeführt wurden, hat sich die Ansicht allgemein festgestellt, dass das ganze Thierreich in eine geringe Anzahl von grossen Hauptabtheilungen zerfällt, die man „Typen“ nennt; Typen, weil ein gewisser typischer Körperbau innerhalb jeder dieser Abtheilungen sich constant erhält. Neuerdings, nachdem wir auf diese berühmte Typenlehre die Descendenz-Theorie angewendet haben, sind wir zur Erkenntniss gelangt, dass alle Thiere eines Typus in dem Verhältnisse unmittelbarer Blutsverwandtschaft zu einander stehen und von je einer gemeinsamen Stammform abgeleitet werden können. Cuvier und Baer nahmen vier solche Typen an; durch neuere Untersuchungen ist die Zahl derselben auf sieben gestiegen. Diese sieben Typen oder Phylen des Thierreiches sind: 1) die Urthiere (Protozoa); 2) die Pflanzenthiere (Zoophyta); 3) die Wurmthiere (Vermes); 4) die Weichthiere (Mollusca); 5) die Sternthiere (Echinoderma); 6) die Gliederthiere (Arthropoda) und 7) die Wirbelthiere (Vertebrata)[41].

Es dürfte nun zweckmässig sein, Sie hier gleich mitten in das genealogische Verhältniss dieser sieben Typen zu einander hineinzuführen, wie sich dasselbe phylogenetisch nach meiner persönlichen Ueberzeugung gestaltet. Ich will Ihnen zu diesem Zwecke in ge-

drungener Kürze die Grundzüge meiner Gastraea-Theorie [13]) mittheilen, auf welche ich den monophyletischen Stammbaum des Thierreiches begründe, und welche nach meiner Ueberzeugung an die Stelle der jetzt noch herrschenden Typen-Theorie treten muss. Nach dieser Gastraea-Theorie, welche ich 1872 in der Monographie der Kalkschwämme (Bd. I, S. 465, 467) aufgestellt habe, besitzen die sieben Typen oder Phylen des Thierreiches eine gänzlich verschiedene Bedeutung und einen völlig ungleichen Werth. Typen im Sinne von BAER und CUVIER sind eigentlich nur die vier höheren Phylen (Wirbelthiere, Gliederthiere, Weichthiere, Sternthiere), und selbst diese nur in beschränktem Sinne, nicht in der ursprünglichen Auffassung ihrer Urheber. Hingegen ist der niederste Typus, der der Urthiere, eigentlich gar kein „Typus“, sondern die Gesammtheit aller niedersten Thiere: aus einem Zweige der Urthiere hat sich die gemeinsame Stammform der sechs höheren Thierstämme, die Gastraea entwickelt. Die beiden übrigen Typen, Pflanzenthiere und Würmer, stehen zwischen den Urthieren und den vier höheren Typen in der Mitte.

Die Begründung dieser Gastraea-Theorie liegt darin, dass wir die beiden primären Keimblätter bei den sechs höheren Thierstämmen überall als die gemeinsame Grundlage der Körperbildung nachgewiesen haben. Damit ist aber zugleich dargethan, dass ein einziges ursprüngliches Organ bei allen diesen Thieren gleichbedeutend oder homolog ist: das ist der Urdarm (Protogaster), d. h. die ursprüngliche Darmhöhle oder Magenhöhle in ihrer allereinfachsten Gestalt. Bei der Gastraea selbst besteht der ganze, einfache, kugelige oder länglich runde Körper nur aus dieser einfachen, an einem Pole der Axe geöffneten Höhle (Urdarm nebst Urmund) und aus den beiden primären Keimblättern, welche dieselbe in ihrer einfachsten ursprünglichen Gestalt umschliessen (Entoderm und Exoderm). Bei den sämmtlichen Urthieren oder Protozoen aber giebt es überhaupt noch keine Keimblätter und also auch keinen Urdarm. Hier bildet der ganze Körper entweder nur eine einfachste Cytode, ein formloses Urschleimstückchen (wie bei den Moneren), oder eine ganz einfache Zelle (wie bei den Amoeben), oder eine Colonie von einfachen Cytoden oder Zellen (wie bei der Mehrzahl der Urthiere). Aber im letzteren Falle sind die Zellen der Zellgemeinde entweder ganz gleichartig oder nur schwach differenzirt, niemals in

wahre Keimblätter gesondert. Niemals kommt daher bei den Protozoen ein wahrer Darm vor. Die Infusionsthierchen, welche die höchste Stufe physiologischer Vollkommenheit unter den Urthieren erreichen, besitzen allerdings scheinbar einen Darm mit Mund und After. Da aber ihr ganzer Körper (trotz der bedeutenden Sonderung seiner einzelnen Theile) nur den Formwerth einer einfachen Zelle beibehält, können wir diesen physiologischen Nahrungscanal und seine Oeffnungen nicht mit dem wahren vielzelligen Darm der übrigen Thiere vergleichen, der morphologisch durch seine Keimblätter-Hülle charakterisirt ist [42]).

Demnach müssen wir das ganze Thierreich zunächst in zwei grosse Hauptabtheilungen zerlegen; einerseits die Urthiere *(Protozoa)*: ohne Urdarm, ohne Keimblätter, ohne Eifurchung, ohne differenzirte vielzellige Gewebe; anderseits die Darmthiere *(Metazoa)*: mit Urdarm, mit zwei primären Keimblättern, mit Eifurchung, mit differenzirten vielzelligen Geweben. Die Darmthiere oder Metazoen, worunter wir die sechs höheren Thierstämme begreifen, stammen sämmtlich von der Gastraea ab, deren einstmalige Existenz noch heute mit Sicherheit durch die Gastrula bewiesen wird. Diese Gastrula oder Darmlarve, welche in der merkwürdigsten Identität in der individuellen Entwickelungsgeschichte der verschiedensten Thierstämme wiederkehrt, ist von der grössten Bedeutung. Ebenso das niederste Wirbelthier entwickelt sich aus dieser Gastrula, wie die niederen Formen der Würmer, Weichthiere, Sternthiere, Pflanzenthiere u. s. w. (Vergl. Taf. VII. und Fig. 28, S. 157). Die Gastrula giebt uns noch heute ein getreues Abbild der uralten Gastraea, die sich in laurentischer Vorzeit aus den Urthieren entwickelt haben muss.

Die vergleichende Anatomie und Ontogenie lehrt uns weiter, dass zunächst aus dieser Gastraea zwei verschiedene Richtungen oder Linien des Thierreiches sich entwickelt haben. Nach der einen Richtung hin ging daraus die niedere Gruppe der Pflanzenthiere *(Zoophyta)* hervor, wozu die Schwämme, Polypen, Corallen, Medusen und viele andere Seethiere gehören; von Süsswasserthieren die bekannte Hydra, der Süsswasserpolyp, und die Spongilla, der Süsswasserschwamm. Nach der andern Richtung entwickelte sich aus der Gastraea der sehr wichtige Stamm der Würmer *(Vermes)*, in dem engeren Sinne, in welchem die heutige zoologische Systematik diesen Stamm umschreibt. Früher hatte man (z. B. in dem bekann-

ten Linné'schen Systeme) alle niederen Thiere: Infusorien, Würmer, Weichthiere, Pflanzenthiere, Sternthiere u. s. w. unter dem Namen Würmer zusammengefasst, während man jetzt in viel engerer Beziehung diesen Namen nur auf die eigentlichen Würmer beschränkt. Dahin gehören z. B. der Regenwurm, der Blutegel, die Ascidie, ferner die verschiedenen schmarotzenden Würmer: Bandwürmer, Spulwürmer, Trichinen u. s. w. So verschieden alle diese Würmer auch im ausgebildeten Zustande erscheinen, so lassen sie sich doch alle von der Gastraea ableiten (vergl. den Stammbaum Taf. XII, S. 496).

In dem gestaltenreichen Astwerk des vielverzweigten Würmerstammes müssen wir nun auch die ursprünglichen Stammformen für die vier höheren Thierstämme suchen. In der That lehrt die vergleichende Anatomie und Ontogenie dieser letzteren, dass sie alle aus vier verschiedenen Zweigen des Würmerstammes ihren Ursprung genommen haben. Das Phylum der Würmer ist die gemeinsame Stammgruppe der vier höheren Thierstämme. Diese letzteren sind: Erstens die Sternthiere oder Echinodermen (Seesterne, Seeigel, Seelilien, Seegurken); zweitens die wichtige Abtheilung der Arthropoden oder Gliederthiere (Krebse, Spinnen, Tausendfüsse, Insecten); drittens die Weichthiere oder Mollusken (Tascheln, Muscheln, Schnecken und Kracken) und endlich viertens der höchst entwickelte Thierstamm der Wirbelthiere oder Vertebraten, zu dem auch der Mensch gehört.

Das sind die Grundzüge des einheitlichen oder monophyletischen Stammbaumes des Thierreiches, wie sie sich nach der Gastraea-Theorie bei dem gegenwärtigen Zustande unserer zoologischen Systematik und unserer embryologischen Kenntnisse gestalten (vergl. S. 417). Wenn die von uns behauptete ursprüngliche Gleichheit oder Homologie des Urdarms und der beiden ihn umschliessenden primären Keimblätter bei allen Darmthieren richtig ist, so dürfte diese phylogenetische Classification des Thierreiches wohl an die Stelle des bisherigen, auf die Typen-Theorie gegründeten Systems der Thiere treten. Sie sehen demnach, dass die sieben Typen des letzteren eine gänzlich verschiedene Bedeutung haben. Von diesen sieben Typen oder Phylen bleibt 1) derjenige der Urthiere auf der tiefsten Stufe stehen; aus ihm entspringt 2) die Gastraea, die sich in die beiden Linien der Pflanzenthiere und der Würmer fortsetzt; und aus den Würmern entwickeln sich 3) die vier höheren Thierstämme; die letzteren sind vier divergirende Linien, die nur unten an der Wurzel

einen gemeinsamen Zusammenhang unter den niedersten Würmern haben, sonst aber unter sich nicht zu vergleichen sind.

Betrachten wir nun speciell die Stellung des Menschen im System der Thiere, so ist es niemals einen Augenblick zweifelhaft gewesen, dass der Mensch seinem ganzen Körperbau nach ein echtes Wirbelthier ist, und in der charakteristischen Lagerung und Zusammensetzung seiner Organe alle diejenigen Eigenthümlichkeiten besitzt, welche nur diesem Thierstamm allein zukommen, allen anderen Thieren hingegen völlig fehlen. Eine Verwandtschaft der Wirbelthiere mit den drei anderen höheren Thierstämmen existirt entweder gar nicht, oder nur in der gemeinsamen Descendenz von den Würmern, dagegen existirt wohl eine sehr sicher zu begründende Verwandtschaft der Wirbelthiere mit einzelnen Würmerformen. Ich kann schon jetzt den Satz aussprechen, den wir später zu beweisen haben, dass der Stamm der Wirbelthiere sich als Ganzes aus dem Stamm der Würmer entwickelt hat. Hingegen stammen die Wirbelthiere keinenfalls von den Gliederthieren, oder von den Weichthieren, oder von den Sternthieren ab. Für unsere ganze folgende Betrachtung, für die Ontogenie wie für die Phylogenie, fällt also jetzt der bei weitem grössere Theil des Thierreiches gänzlich weg. Mit diesem haben wir gar nichts mehr zu thun. Diejenigen drei Stämme, die uns allein interessiren, sind der Stamm der Urthiere, der Stamm der Würmer und der Stamm der Wirbelthiere.

Diejenigen Leute, welche in der Herkunft des Menschen aus dem Thierreiche einen mehr oder weniger erniedrigenden Vorwurf erblicken wollen und sich dessen schämen, können nun in sofern beruhigt sein, als der grösste Theil des Thierreiches in keinem Verwandtschaftsverhältniss zu ihnen steht. Mit der ganzen grossen Abtheilung der Gliederthiere hat der Stamm der Wirbelthiere namentlich gar nichts zu thun; zu den Gliederthieren gehören aber ausser den Krebsen auch die Spinnen und Insecten, und die einzige Klasse der Insecten umfasst annähernd ebenso viel, wenn nicht mehr verschiedene Arten als alle übrigen Thierklassen zusammengenommen besitzen. Allerdings fällt damit auch leider die Verwandtschaft hinweg, die wir mit den Termiten, Ameisen, Bienen und andern vortrefflichen Gliederthieren besitzen könnten. Unter diesen Insecten befinden sich bekanntlich zahlreiche Tugendspiegel, welche schon die Fabeldichter des classischen Alterthumes stets als Musterbilder für den Menschen

hingestellt haben. In den staatlichen und socialen Einrichtungen der Ameisen namentlich begegnen wir hochentwickelten Institutionen, an denen wir uns noch heutzutage ein erbauliches Muster nehmen können. Zu unserer Verwandtschaft gehören diese hochcivilisirten Thiere aber leider nicht.

Als unsere nächste Aufgabe müssen wir es nun hier betrachten, die Wirbelthier-Natur des Menschen näher zu begründen, und die besondere systematische Stellung zu bestimmen, welche der Mensch im Wirbelthierstamme einnimmt. Zugleich ist es hier durchaus erforderlich, die wesentlichsten Thatsachen über den eigenthümlichen Bau des Wirbelthierkörpers vorauszuschicken, weil wir uns sonst gar nicht auf dem schwierigen Wege der Ontogenese zurechtfinden würden. Die Entwickelung selbst der einfachsten und niedrigsten Wirbelthiere aus jener einfachen blattförmigen Anlage der Keimscheibe ist immerhin ein so verwickelter und schwer zu verfolgender Vorgang, dass man nothwendig die Grundzüge der Organisation des ausgebildeten Wirbelthieres bereits kennen muss. um die Grundzüge seiner Entwickelung zu begreifen. Eben so wichtig ist es aber auch. dass wir uns bei dieser übersichtlichen anatomischen Charakteristik des Wirbelthierorganismus nur an die wesentlichen Thatsachen halten, und alle unwesentlichen bei Seite lassen. Wenn ich Ihnen demnach jetzt zunächst eine ideale anatomische Darstellung von der Grundgestalt des Wirbelthieres und seiner inneren Organisation entwerfe, so lasse ich alle untergeordneten Eigenschaften bei Seite und beschränke mich nur auf die wichtigsten Verhältnisse.

Allerdings ist da im Voraus zu bemerken, dass Ihnen wahrscheinlich Vieles als höchst wichtig und sehr wesentlich erscheinen wird. was nach den Thatsachen der Entwickelungsgeschichte und der vergleichenden Anatomie zu urtheilen von untergeordneter. secundärer Bedeutung, oder selbst ganz unwesentlich ist. Unwesentlich in diesem Sinne ist z. B. der Kopf mit dem Schädel und Gehirn; unwesentlich sind ferner die Extremitäten oder Gliedmaassen. Freilich besitzen diese Körpertheile eine sehr hohe physiologische Bedeutung; ja sogar die höchste! Aber für den morphologischen Begriff des Wirbelthieres sind sie deshalb unwesentlich, weil sie nur den höheren Wirbelthieren zukommen, den niederen aber fehlen. Die niedersten Wirbelthiere haben weder einen Kopf mit Gehirn und Schädel, noch besitzen sie Extremitäten oder Gliedmaassen. Auch der

menschliche Embryo durchläuft ein Stadium, in welchem er ebenfalls noch keinen Kopf, kein Gehirn, keinen Schädel besitzt, in welchem der Rumpf noch vollständig einfach, noch nicht in Kopf, Hals, Brust und Unterleib gegliedert ist, in welchem von Gliedmaassen, von Armen und Beinen noch keine Spur vorhanden ist. In diesem Stadium der Entwickelung gleicht der Mensch und jedes andere höhere Wirbelthier wesentlich derjenigen einfachsten Vertebraten-Form, welche nur noch ein einziges, gegenwärtig lebendes Wirbelthier zeitlebens besitzt. Dieses einzige niederste Wirbelthier, welches die allergrösste Beachtung verdient, und nächst dem Menschen unzweifelhaft das interessanteste aller Wirbelthiere genannt werden muss, ist das Lanzetthierchen oder der Amphioxus (Taf. VII und VIII). Das ist ein kleines, nur zwei Zoll langes Wirbelthier, welches man bis vor kurzem für einen Fisch erklärte, und welches im Sande an der Küste verschiedener Meere lebt. Dieses kleinste Wirbelthierchen, welches wir nachher genauer betrachten wollen, hat in vollkommen ausgebildetem Zustande die Gestalt eines ganz einfachen länglich-lanzetförmigen Blattes, und wird daher das Lanzetthierchen genannt. Der schmale Körper ist von beiden Seiten zusammengedrückt, nach vorn und hinten gleichmässig zugespitzt, ohne jede Spur von äusseren Anhängen, ohne Gliederung des Körpers in Kopf, Hals, Brust, Unterleib u. s. w. Seine ganze Gestalt ist so einfach, dass sein erster Entdecker es für eine nackte Schnecke erklärte. Erst viel später (etwa vor vierzig Jahren) wurde das merkwürdige kleine Wesen genauer untersucht, und nun stellte sich heraus, dass dasselbe ein wahres Wirbelthier ist. Neuere Untersuchungen haben gezeigt, dass dasselbe von der grössten Bedeutung für die vergleichende Anatomie, Embryologie und Phylogenie des Menschen ist. Dieses kleine Wirbelthier verräth uns nämlich das wichtige Geheimniss des Ursprungs der Wirbelthiere aus den Würmern, und schliesst sich in seiner Entwickelung und seinem Körperbau unmittelbar an gewisse niedere Würmer, an die Ascidien an.

Wenn wir nun durch den Körper dieses Amphioxus zwei Schnitte legen, erstens einen senkrechten Längsschnitt durch den ganzen Körper in der Mittellinie von vorn nach hinten und zweitens einen senkrechten Querschnitt durch denselben von rechts nach links, so bekommen wir zwei anatomische Bilder, die für uns sehr lehrreich sind. (Vergl. Taf. VII und VIII.) Sie entsprechen nämlich fast genau dem

Ideale, welches wir uns durch Abstraction mit Hülfe der vergleichenden Anatomie und Ontogenie von dem Urtypus oder dem **Urbilde des Wirbelthieres** überhaupt entwerfen können. Wir brauchen an den beiden Durchschnitten des Amphioxus nur ganz geringe und unwesentliche Aenderungen vorzunehmen, um zu einem solchen idealen anatomischen Bilde oder Schema vom Urtypus des Wirbelthieres zu gelangen, wie uns Fig. 31 im Längsschnitt, Fig. 32 im Querschnitt



Fig. 31.

zeigt. Der Amphioxus weicht so wenig von dem uralten Urbilde des Wirbelthierstammes ab, dass wir ihn geradezu als ein „Urwirbelthier" bezeichnen können. (Vergl. Taf. VII und VIII).



Fig. 32.

Auf dem Längsschnitte durch den Typus erblicken wir in der Mitte des Körpers einen dünnen, aber festen Stab, einen ganz einfachen cylindrischen Strang, welcher vorn und hinten zugespitzt endet (Fig. 31 *x*). Derselbe geht der

---

Fig. 31. **Längsschnitt durch das ideale Urbild des Wirbelthieres.** Der Schnitt geht parallel der Mittelebene (Längsaxe und Pfeilaxe) des Urwirbelthieres; das Mundende ist nach rechts, das Afterende (oder Schwanzende) nach links gerichtet. Ueber dem Axenstabe (*x*) liegt das Markrohr (*n*), unter demselben das Darmrohr (*d*). Dieses öffnet sich vorn durch den Mund (*o*), hinten durch den After (*y*). In dem vorderen Abschnitt des Darms sind 5 Kiemenspalten jederseits sichtbar ($s_1 - s_5$). Zwischen diesen verlaufen 5 Kiemengefässbogen ($b_1 - b_5$). *t* Hauptarterie (Rückengefäss). *v* Hauptvene (Bauchgefäss). *z* Herz. *a* Magen. *m* Seitenrumpfmuskeln. *h* Oberhaut.

Fig. 32. **Querschnitt durch das ideale Urbild des Wirbelthieres** (Fig. 31). Der Schnitt geht durch die Pfeilaxe und die Queraxe. *n* Markrohr. *x* Axenstab. *t* Rückengefäss. *v* Bauchgefäss. *a* Darm. *c* Leibeshöhle. m_1 Rückenmuskeln. m_2 Bauchmuskeln. *h* Oberhaut.

ganzen Länge nach mitten durch den Körper hindurch und stellt die ursprüngliche Grundlage des Rückgrates oder der Wirbelsäule dar. Das ist der Axenstab oder Rückenstrang, die *Chorda dorsalis* oder *Chorda vertebralis*, welche auch Wirbelstrang, Axenstrang, Wirbelsaite oder Rückensaite genannt wird. Dieser feste, aber zugleich biegsame und elastische Axenstab besteht aus einer knorpelartigen Zellenmasse und bildet das centrale innere Axen-Skelet oder Stütz-Gerüste des Körpers, welches ausschliesslich die Wirbelthiere besitzen und welches allen übrigen Thieren gänzlich fehlt. Er ist die wahre erste Anlage des Rückgrats, welche bei allen Wirbelthieren, vom Amphioxus bis zum Menschen hinauf, überall dieselbe bleibt. Beim Amphioxus bleibt der Axenstab in seiner einfachsten Gestalt zeitlebens bestehen (Taf. VIII). Beim Menschen und allen höheren Wirbelthieren hingegen ist er nur in der frühesten Embryonal-Zeit zu finden und verwandelt sich später in die gegliederte Wirbelsäule.

Der Axenstab oder die Chorda ist die reale feste Hauptaxe des Wirbelthier-Körpers, welche zugleich der idealen Längsaxe entspricht und uns zur Orientirung über die allgemeinen Lagerungs-Verhältnisse der wichtigsten Organe des Wirbelthieres als feste Richtschnur dient. Wir stellen uns dabei den Wirbelthier-Körper in seiner ursprünglichen, natürlichen Lagerung vor, wobei die Längsaxe horizontal oder wagerecht liegt; die Rückenseite nach oben, die Bauchseite nach unten. Wenn wir durch diese Längsaxe in ihrer ganzen Länge einen senkrechten Durchschnitt legen, so zerfällt dadurch der ganze Körper in zwei Seitenhälften, welche symmetrisch gleich sind: rechte und linke Hälfte. In beiden Hälften liegen ursprünglich ganz dieselben Organe, in derselben gegenseitigen Lagerung und Verbindung; nur ihr Lagen-Verhältniss zur senkrechten Schnittebene oder Mittelebene ist gerade umgekehrt; die linke Hälfte ist das Spiegelbild der rechten. Beide Seitenhälften nennen wir Gegenstücke oder Antimeren. Die senkrechte Schnittlinie, welche beide Hälften trennt, geht vom Rücken zum Bauche und heisst Pfeilaxe (Sagittal-Axe) oder Rücken-Bauch-Axe (Dorsoventral-Axe). Wenn wir hingegen durch die Chorda einen horizontalen Längsschnitt legen, so zerfällt dadurch der ganze Körper in eine dorsale oder Rückenhälfte, und in eine ventrale oder Bauchhälfte. Diejenige Schnittlinie, welche quer durch den Körper hindurch von der rechten zur linken Seite geht, ist die Queraxe oder Lateral-Axe. (Vergl. Taf. II und III.)[43]

Die beiden Körperhälften des Wirbelthieres, welche durch diese horizontale Queraxe getrennt werden, haben eine ganz verschiedene Bedeutung. Die Rückenhälfte ist der eigentliche animale Theil des Körpers und enthält den grössten Theil der sogenannten animalen Organe, des Nerven-Systems, Muskel-Systems, Knochen-Systems u. s. w. Die Bauchhälfte hingegen ist wesentlich der vegetative Theil des Körpers und enthält den grössten Theil der vegetativen Organe des Wirbelthieres: das Ernährungs-System, das Geschlechts-System u. s. w. Demnach sind an der Bildung der Rückenhälfte vorzugsweise die beiden äusseren, dagegen an der Bildung der Bauchhälfte vorzugsweise die beiden inneren secundären Keimblätter betheiligt. Jede der beiden Hälften entwickelt sich in Gestalt eines Rohres und umschliesst eine Höhlung, in welcher ein anderes Rohr eingeschlossen ist. Die Rückenhälfte enthält die enge, oberhalb der Chorda gelegene Nervenhöhle oder Wirbel-Höhle, in welcher das röhrenförmige Central-Nerven-System, das Rückenmark oder Markrohr liegt. Die Bauchhälfte hingegen enthält die viel geräumigere unterhalb der Chorda gelegene Eingeweidehöhle oder Leibeshöhle, in welcher der Darmcanal mit allen seinen Anhängen liegt (Fig. 32).

Das Markrohr oder Medullar-Rohr, wie man das centrale Nerven-System der Wirbelthiere oder das Seelen-Organ in seiner ursprünglichen Anlage nennt, besteht beim Menschen, wie bei allen höheren Wirbelthieren, aus zwei sehr verschiedenen Theilen: dem umfangreichen Gehirn, welches im Kopfe innerhalb des Schädels liegt, und dem langgestreckten Rückenmark, welches sich von da aus über den ganzen Rücken hinweg erstreckt (Taf. III, Fig. 16 *m*). Aber bei unserem Urwirbelthier ist von dieser Zusammensetzung noch Nichts zu bemerken. Vielmehr erscheint hier dieses hochwichtige Seelen-Organ, welches die Empfindung, den Willen und das Denken der Wirbelthiere vermittelt, in höchst einfacher Gestalt. Dasselbe bildet ein langes cylindrisches Rohr, welches unmittelbar über dem Axenstrang durch die Längsaxe des Körpers verläuft, einen engen, mit Flüssigkeit erfüllten Central-Canal umschliesst, und vorn wie hinten gleichmässig zugespitzt endigt (Fig. 31 *n*, 32 *n*). In dieser einfachsten Gestalt, welche das Markrohr bei allen älteren und niederen Wirbelthieren besass, finden wir dasselbe beim Amphioxus noch heute zeitlebens vor (Taf. VIII, Fig. 15 *m*). Umschlossen ist dasselbe von einer häutigen Röhre, die aus der nächsten Umgebung des Axenstabes (aus der soge-

nannten „Chorda-Scheide") hervorgeht und in der sich später bei den höheren Wirbelthieren die knöchernen „Wirbelbogen" entwickeln.

Beiderseits des Markrohres und des darunter gelegenen Axenstabes erblicken wir bei allen Wirbelthieren die mächtigen Fleischmassen, welche die Muskulatur des Rumpfes zusammensetzen, und die Bewegungen desselben vermitteln. Obwohl dieselben bei den entwickelten Wirbelthieren ausserordentlich mannichfaltig gesondert und zusammengesetzt sind (entsprechend den vielen differenzirten Theilen des Knochengerüstes), so können wir doch bei unserem idealen Urwirbelthiere nur zwei Paar solcher Hauptmuskeln unterscheiden, welche parallel der Chorda durch die gesammte Länge des Körpers hindurchgehen. Das sind die oberen (dorsalen) und unteren (ventralen) Seitenrumpfmuskeln. Die oberen (dorsalen) Seitenrumpfmuskeln oder die ursprünglichen Rückenmuskeln (Fig. 32 m_1) bilden die dicke Fleischmasse des Rückens. Die unteren (ventralen) Seitenrumpfmuskeln oder die ursprünglichen Bauchmuskeln bilden dagegen die fleischige Bauchwand (Fig. 32 m_2). Beide mit einander setzen das Fleischrohr des Körpers zusammen.

Nach aussen von diesem Fleischrohr finden wir die äussere feste Umhüllung des ganzen Thierkörpers, welche Lederhaut oder Leder, Corium oder Cutis genannt wird. Diese derbe und dichte Umhüllung besteht in ihren tieferen Schichten vorzüglich aus Fett und lockerem Bindegewebe, in ihren oberflächlichen Schichten aus Hautmuskeln und festerem Bindegewebe. Sie liegt unmittelbar unter der Oberhaut (*h*), geht als zusammenhängende Decke über die gesammte Oberfläche des fleischigen Körpers hinweg und enthält die ernährenden Blutgefässe der Haut und die Empfindungs-Nerven.

Endlich zu äusserst treffen wir auf der Aussenfläche der dicken Lederhaut die dünne Oberhaut oder Epidermis an (Fig. 31 *h*, 32 *h*), welche die gesammte Körperoberfläche als sogenanntes Hornblatt oder Hornrohr bei allen Wirbelthieren überzieht, und von der die Haare, Nägel, Federn, Krallen, Schuppen u. s. w. auswachsen. Diese Oberhaut besteht nebst allen ihren Anhängen und Producten bloss aus einfachen Zellen. Sie enthält keine Blutgefässe und Nerven, obschon ihre Zellen mit den Endigungen der Empfindungs-Nerven zusammenhängen, und obwohl sich sogar das Central-Nervensystem aus diesem Hornblatte entwickelt. Ursprünglich ist das Hornblatt eine ganz einfache, bloss aus gleichartigen Zellen zusammengesetzte

Decke der äussersten Körperoberfläche. Später sondert sie sich in zwei Schichten, eine äussere, festere Hornschicht und eine innere, weichere Schleimschicht. Später wachsen auch aus ihr zahlreiche äussere und innere Anhänge hervor, nach aussen die Haare, Nägel u. s. w., nach innen die Schweissdrüsen, Talgdrüsen u. s. w.

Von diesen äusseren Körpertheilen des Wirbelthieres wenden wir uns jetzt zu den inneren Organen, welche wir unterhalb des Axenstabes, in der grossen Leibeshöhle oder Eingeweidehöhle antreffen. Diese umfangreiche Leibeshöhle wollen wir in der Folge, um Verwechselungen vorzubeugen, immer kurz das Coelom nennen. Gewöhnlich heisst sie in der Anatomie „Pleuroperitonealhöhle" (Fig. 32*c*). Beim Menschen und bei allen übrigen Säugethieren (aber nur bei diesen!) zerfällt dieses Coelom im entwickelten Zustande in zwei ganz verschiedene Höhlen, welche durch eine quere Scheidewand, das muskulöse Zwerchfell vollständig getrennt sind. Die vordere oder Brusthöhle (Pleura-Höhle) enthält die Speiseröhre, das Herz und die Lungen; die hintere oder Bauchhöhle (Peritoneal-Höhle) enthält Magen, Dünndarm, Dickdarm, Leber, Milz, Nieren u. s. w. Bei den Embryonen der Säugethiere aber bilden diese beiden Höhlen, ehe das Zwerchfell entwickelt ist, eine einzige zusammenhängende Leibeshöhle, ein einfaches Coelom, und so finden wir dieses auch bei allen niederen Wirbelthieren zeitlebens vor. Ausgekleidet ist diese Leibeshöhle mit einer zarten Zellenschicht, dem Coelom-Epithel.

Das wichtigste von allen Eingeweiden, die im Coelom liegen, ist der ernährende Darmcanal, dasjenige Organ, welches bei der Gastrula den ganzen Körper darstellt. Dasselbe ist ein von der Leibeshöhle umschlossenes, langes, streckenweise mehr oder weniger differenzirtes Rohr, welches zwei Oeffnungen hat, eine Mundöffnung zur Aufnahme der Nahrung (Fig. 31 *o*) und eine Afteröffnung zur Abgabe der unbrauchbaren Stoffe oder Excremente (Fig, 31 *y*). An dem Darmcanal hängen zahlreiche Drüsen, die von grosser Bedeutung für den Wirbelthierkörper sind und alle aus dem Darm hervorwachsen. Solche Drüsen sind die Speicheldrüsen, Lunge, Leber und zahlreiche kleinere Drüsen. Die Wand des Darmcanales und aller dieser Anhänge besteht aus zwei ganz verschiedenen Bestandtheilen oder Wandschichten: Die innere, zellige Auskleidung ist das Darmdrüsenblatt oder das vierte Keimblatt; die äussere, faserige Umhüllung hingegen entsteht aus dem dritten Keimblatt oder dem Darmfaserblatt; sie ist

grösstentheils aus Muskelfasern zusammengesetzt, welche die Verdauungsbewegungen des Darmes bewirken, und aus Bindegewebesfasern, welche eine feste Hülle bilden. Eine Fortsetzung derselben ist das Gekröse oder Mesenterium, ein dünnes, bandförmiges Blatt, mittelst dessen das Darmrohr an der Bauchseite der Chorda befestigt ist. Ausserdem aber entwickeln sich aus dieser Darmfaserhülle auch die wichtigsten Theile des Blutgefässsystems, insbesondere das Herz und die grösseren Blutgefäss-Stämme, die anfangs ganz in der äusseren Darmwand liegen.

Der Darmcanal ist bei den Wirbelthieren sowohl im Ganzen als in seinen einzelnen Abtheilungen sehr mannichfaltig umgebildet, trotzdem die ursprüngliche Grundlage überall dieselbe und höchst einfach ist. In der Regel ist das Darmrohr länger (oft vielmals länger) als der Körper und daher innerhalb der Leibeshöhle in viele Windungen zusammengelegt, besonders im hinteren Theile. Ausserdem ist dasselbe bei den höheren Wirbelthieren in sehr verschiedene, oft durch Klappen getrennte Abtheilungen gesondert, die als Mundhöhle, Schlundhöhle, Speiseröhre, Magen, Dünndarm, Dickdarm und Mastdarm gesondert werden. Alle diese Theile gehen aus einer ganz einfachen Anlage hervor, die ursprünglich (wie beim Amphioxus zeitlebens) als ein ganz gerader cylindrischer Canal unter der Chorda von vorn nach hinten läuft. Vorn ist der Darm bei allen Wirbelthieren durch einen Mund, hinten durch einen After geöffnet, während diese beiden Oeffnungen bei sehr vielen wirbellosen Thieren (wie bei der Gastraea) in einer einzigen Oeffnung, einem Aftermund oder Pygostom, vereinigt sind.

Da der Darmcanal in morphologischer Beziehung als das wichtigste Organ des Thierkörpers angesehen werden kann, so ist es von Interesse, seine wesentliche Beschaffenheit beim Wirbelthiere scharf ins Auge zu fassen und von allen unwesentlichen Theilen abzusehen. In dieser Beziehung ist besonders zu betonen, dass der Darmcanal aller Wirbelthiere eine sehr charakteristische Trennung in zwei Abtheilungen zeigt, eine vordere Hälfte, (Fig. 33 *b*), welche vorzugsweise zur Athmung, und eine hintere Hälfte, welche recht eigentlich zur Verdauung dient (Fig. 33 *d*). Bei allen Vertebraten bilden sich schon sehr frühzeitig rechts und links in der vorderen Abtheilung des Darmcanales eigenthümliche Spalten, welche in der innigsten Beziehung zu dem ursprünglichen Athmungsgeschäft der Wirbelthiere

stehen, die sogenannten Kiemenspalten (Fig. 33 *s*). Alle niederen Wirbelthiere, der Amphioxus, die Pricken, die Fische, nehmen beständig Wasser durch die Mundöffnung auf und lassen dieses Wasser durch die seitlichen Spalten des Halses wieder austreten. Das Wasser,

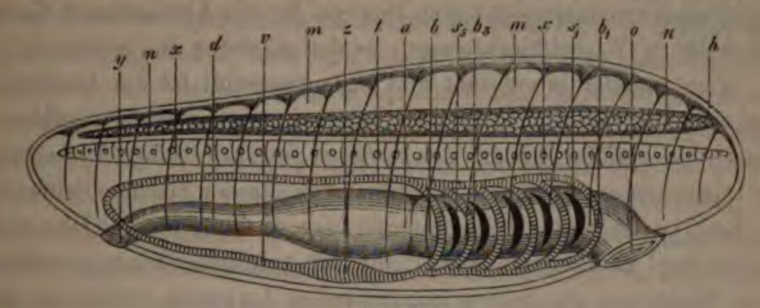


Fig. 33.

welches durch den Mund eindringt, dient zur Athmung. Der in demselben enthaltene Sauerstoff wird von den Blutcanälen eingeathmet, welche sich auf den zwischen den Kiemenspalten befindlichen Leisten, den „Kiemenbogen" ausbreiten (Fig. 33 b_1—b_5). Diese ganz charakteristischen Kiemenspalten und Kiemenbogen finden sich beim Embryo des Menschen und aller höheren Wirbelthiere in früher Zeit seiner Entwickelung genau so vor, wie sie bei den Fischen und den niederen Wirbelthieren überhaupt zeitlebens bleiben. Die Kiemenbogen und



Fig. 34.

Fig. 33. Längsschnitt durch das ideale Urbild des Wirbelthieres. Der Schnitt geht parallel der Mittelebene (Längsaxe und Pfeilaxe) des Urwirbelthieres, das Mundende ist nach rechts, das Afterende (oder Schwanzende) nach links gerichtet. Ueber dem Axenstabe (x) liegt das Markrohr (n), unter demselben das Darmrohr (d). Dieses öffnet sich vorn durch den Mund (o), hinten durch den After (y). In dem vorderen Abschnitt des Darms sind 5 Kiemenspalten jederseits sichtbar (s_1—s_5), dazwischen 5 Kiemengefässbogen (b_1—b_5). t Hauptarterie (Rückengefäss). v Hauptvene (Bauchgefäss). z Herz. a Grenze zwischen Kiemendarm und Magendarm. m Seitenrumpfmuskeln. h Oberhaut.

Fig. 34. Querschnitt durch das ideale Urbild des Wirbelthieres (Fig. 33). Der Schnitt geht durch die Pfeilaxe und die Queraxe. n Markrohr. x Axenstab. t Rückengefäss. v Bauchgefäss. a Darm. c Leibeshöhle. m_1 Rückenmuskeln. m_2 Bauchmuskeln. h Oberhaut.

Kiemenspalten functioniren aber bei den Säugethieren, Vögeln und Reptilien niemals als wirkliche Athmungsorgane, sondern entwickeln sich allmählich zu ganz anderen Theilen. Dass sie aber trotzdem anfänglich wirklich in derselben Form wie bei den Fischen da sind, das ist einer der interessantesten Beweise für die Abstammung dieser drei höheren Wirbelthierklassen von den niederen Wirbelthieren.

Nicht minder interessant und bedeutungsvoll ist der Umstand, dass auch die späteren bleibenden Athmungsorgane der Säugethiere, Vögel und Reptilien sich aus der vorderen respiratorischen Abtheilung des Darmcanales entwickeln. Es bildet sich nämlich aus dem Schlunde des Embryo frühzeitig eine blasenförmige Ausstülpung, welche sich bald zu zwei geräumigen, später mit Luft gefüllten Säcken gestaltet. Diese Säcke sind die beiden luftathmenden Lungen, welche an die Stelle der wasserathmenden Kiemen treten. Jene blasenförmige Ausstülpung aber, aus der die Lungen entstehen, ist Nichts anderes als die bekannte luftgefüllte Blase, welche bei den Fischen die Schwimmblase heisst und hier zeitlebens als hydrostatisches Organ dient, als ein Schwimmapparat, der das specifische Gewicht des Fisches erleichtert. Die Lunge des Menschen ist die umgewandelte Schwimmblase der Fische.

In den engsten morphologischen und physiologischen Beziehungen zum Darmcanal steht das Gefäss-System der Wirbelthiere, dessen wichtigste Bestandtheile sich aus dem Darmfaserblatt entwickeln. Dasselbe besteht aus zwei verschiedenen, aber unmittelbar zusammenhängenden Abtheilungen, dem Blutgefäss-System und dem Lymphgefäss-System. In den Hohlräumen des ersteren ist das rothe Blut, in denen des letzteren die farblose Lymphe enthalten. Zum Lymphgefäss-System gehört die Leibeshöhle oder das Coelom (die sogenannte „Pleuroperitoneal-Höhle"); ferner zahlreiche Lymphcanäle oder Saugadern, welche durch alle Organe verbreitet sind und die verbrauchten Säfte aus den Geweben aufsaugen und in das venöse Blut abführen. Endlich gehören dazu auch die Chylusgefässe, welche den weissen Chylus oder Milchsaft, den vom Darm bereiteten Ernährungs-Saft, aufsaugen und ebenfalls in das Blut überführen.

Das Blutgefäss-System der Wirbelthiere ist sehr mannichfaltig ausgebildet, scheint aber ursprünglich bei den Urwirbelthieren in so einfacher Form bestanden zu haben, wie dasselbe bei den Ringelwürmern (z. B. den Regenwürmern) und beim Amphioxus

noch heute zeitlebens fortbesteht. Demnach würden vor Allen als wesentliche ursprüngliche Haupttheile desselben zwei grosse unpaare Blutcanäle zu betrachten sein, welche ursprünglich in der Faserwand des Darmes liegen und in der Mittel-Ebene des Körpers längs des Darmcanales ganz um denselben herum laufen. Diese beiden Hauptcanäle, welche vorn und hinten im Bogen in einander übergehen, wollen wir die Urarterie und die Urvene nennen; erstere entspricht dem Rückengefässe, letztere dem Bauchgefässe der Ringelwürmer. Die Urarterie oder primordiale Aorta (Fig. 33 t, 34 t) liegt oben auf dem Darm, in der Mittellinie seiner Rückenseite, und führt sauerstoffreiches oder arterielles Blut aus den Kiemen in den Körper hinein, indem sie sich in der Richtung von vorn nach hinten contrahirt. Die Urvene oder primordiale Hauptvene (Fig. 33 *v*, 34 *v*) liegt unten am Darm, in der Mittellinie seiner Bauchseite, und führt kohlensäurereiches oder venöses Blut aus dem Körper zu den Kiemen zurück. Vorn an der Kiemenabtheilung des Darmes hängen beide Hauptcanäle durch mehrere Verbindungs-Aeste zusammen, welche bogenförmig zwischen den Kiemenspalten emporsteigen. Das sind die „Arterien-Bogen", welche auf den Kiemenbogen verlaufen und sich direct am Athmungsgeschäft betheiligen (Fig. 33 b_1—b_5). Unmittelbar hinter dem Abgang dieser Arterien-Bogen erweitert sich das vordere Ende der Urvene zu einem spindelförmigen Schlauche (Fig. 33 *z*). Das ist die einfachste Anlage des Herzens, welches sich später beim Menschen zu einem vierkammerigen Pumpwerk gestaltet.

Ganz im Grunde der Leibeshöhle, an der unteren Seite der Rückenwand, beiderseits neben der Chorda und dem Gekröse, finden wir bei den Wirbelthieren in enger Verbindung mit einander zwei wichtige drüsige Organe liegen, die bei den Wirbellosen gewöhnlich getrennt sind. Das sind die Nieren, welche den Harn absondern, und die Geschlechtsdrüsen, welche die Fortpflanzungszellen bilden; beim Weibe der Eierstock, beim Manne der Hoden. Ueberraschender Weise haben die neuesten Untersuchungen über die Entwickelung dieser Theile das sehr merkwürdige Resultat ergeben, dass die ursprüngliche Anlage der Geschlechtsdrüsen beim Menschen und allen anderen Wirbelthieren hermaphroditisch oder zwitterig ist. Die Keimdrüsen des Wirbelthier-Embryo enthalten die Anlage zu beiderlei Geschlechtsorganen, zum Eierstock des Weibes, der die Eier bildet, und zu dem Hoden des Mannes, welcher das Sperma bildet. Diese beiderlei ver-

schiedenen Geschlechtsdrüsen, welche in der späteren Entwickelung sich auf die beiden Geschlechter getrennt vertheilen, sind ursprünglich im Embryo vereinigt. Diese Thatsache führt uns zu der auch aus anderen Gründen sehr wahrscheinlichen Annahme, dass die Wirbelthiere ursprünglich wie alle niederen Thiere Zwitter waren, dass jedes Individuum fähig war, sich selbstständig fortzupflanzen, und dass die später eingetretene Trennung der Geschlechtsorgane ein secundärer Process war.

In der innigsten Beziehung stehen die Geschlechtsorgane der Vertebraten zu den Urnieren, zwei neben der Chorda längs verlaufenden Drüsen, welche beim Embryo den Harn absondern und bei den Fischen und Amphibien zeitlebens als Harnorgane thätig sind. An ihre Stelle treten später bei den drei höheren Wirbelthier-Classen die bleibenden Nieren, welche aus dem hintersten Abschnitte der Urnierengänge hervorsprossen (Vergl. den XXV. Vortrag).

Die Organe, die wir so eben in unserer allgemeinen Betrachtung des Ur-Wirbelthieres aufgezählt und bezüglich ihrer charakteristischen Lagerung untersucht haben, sind diejenigen Theile des Organismus, welche bei allen Wirbelthieren ohne Ausnahme in denselben gegenseitigen Beziehungen, wenn auch höchst mannichfaltig modificirt, wiederkehren. Wir haben dabei vorzugsweise den Querschnitt des Körpers (Fig. 34) in das Auge gefasst, weil an diesem das eigenthümliche Lagerungs-Verhältniss derselben am deutlichsten in die Augen fällt. Wir hätten jedoch, um unser Urbild zu vervollständigen, nun auch noch die bisher nicht berücksichtigte Gliederung oder Metameren-Bildung desselben hervorzuheben, die vorzüglich am Längsschnitt (Fig. 33 *m*) in die Augen fällt. Es erscheint nämlich beim Menschen, wie bei allen entwickelten Wirbelthieren, der Körper aus einer Reihe oder Kette von gleichartigen Gliedern zusammengesetzt, welche in der Längsaxe des Körpers hintereinander liegen. Beim Menschen beträgt die Zahl dieser gleichartigen Glieder oder Metameren zwischen 30 und 40; bei vielen Wirbelthieren (z. B. Schlangen, Aalen) mehrere hundert. Da diese innere Gliederung sich vorzugsweise an der Wirbelsäule und den diese umgebenden Muskeln ausspricht, nennt man die Gliederabschnitte oder Metameren auch wohl Urwirbel. Nun wird allerdings die Zusammensetzung aus solchen Urwirbeln oder inneren Metameren gewöhnlich mit Recht als ein hervorstechender Charakter der Wirbel-

thiere hervorgehoben, und die verschiedenartige Sonderung oder Differenzirung desselben ist für die verschiedenen Gruppen der Wirbelthiere von grösster Bedeutung. Allein für die zunächst vor uns liegende Aufgabe, den einfachen Leib des Urwirbelthieres aus der vierblätterigen Keimscheibe aufzubauen, sind die Gliederabschnitte oder Metameren von untergeordneter Bedeutung, und wir brauchen erst in zweiter Linie uns um sie zu bekümmern.

Indem wir also jetzt ganz von den Metameren absehen, glauben wir mit der gegebenen kurzen Darstellung der wesentlichen Theile des Körpers ziemlich Alles erschöpft zu haben, was über den fundamentalen Bau des Wirbelthieres hier zu sagen ist. Die hier angeführten Hauptorgane sind die ursprünglichen und hauptsächlichen Theile, welche wir fast alle in dem ausgebildeten Amphioxus finden und welche bei allen Wirbelthieren in der ursprünglichen Embryonalanlage wiederkehren. Sie werden allerdings in dieser Uebersicht viel sehr wichtige und scheinbar ganz wesentliche Theile vermissen. Wie ich schon bemerkte, ist der Kopf des Wirbelthieres mit dem Schädel, dem Gehirn, den Sinnesorganen, eine unwesentliche, secundäre Bildung. So wichtig alle diese Theile, insbesondere das Gehirn und die höheren Sinnesorgane (Auge, Gehörorgan, Nase u. s. w.) p h y s i o l o g i s c h für den Menschen und die höheren Wirbelthiere sind, so unwichtig sind sie m o r p h o l o g i s c h, weil sie ursprünglich fehlten und sich erst später entwickelt haben. Die älteren Wirbelthiere der Silur-Zeit hatten keine hoch entwickelten Sinnesorgane, kein Gehirn, keinen Schädel; alle diese Theile sind erst später, secundär entstanden. Nicht minder merkwürdig ist es, dass denselben anfänglich auch die Gliedmaassen oder Extremitäten vollständig fehlten. Jene uralten, schädellosen Wirbelthiere hatten noch keine Spur von Beinen oder Flossen, wie auch der Amphioxus heute noch keine Beine hat, und ebenso wenig die Pricken oder Neunaugen, die gleich dem letzteren eine sehr tiefe Bildungsstufe einnehmen und noch tief unter den Fischen stehen (S. 425, Fig. 116).

Wenn wir von diesen unwichtigen, weil secundär gebildeten Theilen zunächst hier ganz absehen, und vorläufig bloss jene wesentlichen, primären Theile in Betracht ziehen, so vereinfacht sich unsere Aufgabe sehr bedeutend. Wir werden zunächst, indem wir dieselbe in Angriff nehmen, nur das Problem vor Augen haben, aus der Ihnen bekannten vierblättrigen Keimscheibe den typischen Kör-

per des idealen „Urwirbelthieres“ abzuleiten, den ich Ihnen so eben geschildert habe. Dieser einfachste Vertebraten-Körper ist, wie man gewöhnlich sagt, aus zwei symmetrischen doppelten Röhren zusammengesetzt: aus einer unteren Röhre, welche das Darmrohr umschliesst (der Leibeswand), und aus einer oberen Röhre, welche das Rückenmarksrohr umschliesst (dem Wirbelcanal). Zwischen Markrohr und Darmrohr liegt der Axenstab oder die Chorda dorsalis, als wesentlichster Theil des inneren Axen-Skelets, welches die Wirbelthiere als solche charakterisirt. Vom Amphioxus bis zum Menschen hinauf, immer bekommen Sie in der ursprünglichen Bildung des Körpers denselben wesentlichen Durchschnitt (Fig. 34) mit derselben charakteristischen Lagerung der wichtigsten Organe. (Vergl. Taf. II nebst Erklärung). Wir werden also jetzt zu untersuchen haben, wie sich dieser doppelt-röhrenförmige Körper mit den verschiedenen darin eingeschlossenen Röhren aus der vierblättrigen Keimscheibe entwickelt.

Für die Lösung dieser schwierigen Aufgabe erscheint es zweckmässig, Sie mit den wichtigsten Resultaten, auf die wir schliesslich durch die Beobachtung der Ontogenese geführt werden, im Voraus bekannt zu machen. Wir werden unser entferntes Ziel leichter erreichen, wenn wir es klar vor uns sehen. Ich will also Ihnen jetzt nur noch in aller Kürze mittheilen, welche von den angeführten Organen des Wirbelthier-Organismus sich aus den vier verschiedenen Keimblättern entwickeln. Wir wollen dabei die vier secundären Keimblätter der Reihe nach mit ihren Producten aufführen, indem wir mit dem ersten oder äussersten Blatte, dem Hautsinnesblatte beginnen, und mit dem vierten oder innersten Blatte, dem Darmdrüsenblatte, schliessen (Vergl. die III. Tabelle, S. 218).

Das erste secundäre Keimblatt oder das Hautsinnesblatt liefert erstens die äussere Umhüllung des ganzen Körpers: die Oberhaut oder Epidermis, sowie die Haare, Nägel, Schweissdrüsen, Talgdrüsen und alle anderen Theile, die secundär aus der ursprünglich einfachen Oberhaut sich entwickeln. Zweitens entsteht aus dem Hautsinnesblatte das Central-Nervensystem, das Medullarrohr oder Markrohr. Merkwürdiger Weise bildet sich dieses Seelenorgan aus der äussersten Oberfläche der Keimscheibe; es liegt ursprünglich ganz in der Oberfläche der Haut, und rückt erst allmählich von dort aus während des Laufes der individuellen Entwickelung nach innen hinein, so dass es späterhin ganz innen liegt,

umschlossen von Muskeln, Knochen und anderen Theilen. Drittens entwickelt sich wahrscheinlich auch aus dem äusseren Keimblatte ein merkwürdiger Theil, dessen Ursprung noch sehr dunkel ist, nämlich die ursprüngliche Niere des Wirbelthieres, welche den Harn abscheidet. Wahrscheinlich ist diese Urniere oder Primordial-Niere ursprünglich eine ausscheidende Hautdrüse (gleich den Schweissdrüsen) gewesen, und hat sich gleich diesen aus der äusseren Oberhaut entwickelt; später liegt sie tief innen im Körper, an der Bauchseite der Wirbelsäule. Bei den niederen Wirbelthieren (Fischen, Amphibien) bleibt die Urniere zeitlebens als Harnorgan bestehen, während sie bei den höheren später durch die zweite, bleibende Niere verdrängt wird. In der Nähe dieser Urniere liegen die Anlagen der Geschlechtsorgane, deren Ursprung auch noch ganz dunkel ist. Sie werden von den einen Embryologen aus dem äusseren, von den anderen aus dem inneren Keimblatt abgeleitet; vielleicht stammen sie von beiden zugleich ab. Die Geschlechtsdrüsen sind Nachbarn der Urnieren, welche ursprünglich dicht neben den letzteren an der Rückenwand der Bauchhöhle beiderseits des Mesenteriums liegen. Da wir die Ursprungsfragen der einzelnen Organe später ausführlich erörtern werden, will ich sie hier nur ganz flüchtig berühren. Hier kommt es uns vorläufig nur darauf an, einen klaren Ueberblick über die gegenseitige Lagerung aller Organe und ihre Ableitung aus den verschiedenen Keimblättern zu gewinnen.

Aus dem zweiten secundären Keimblatt oder dem Hautfaserblatt entsteht die Hauptmasse des Wirbelthier-Körpers, nämlich alle die umfangreichen Theile, welche zwischen der äusseren Oberhaut und der inneren Leibeshöhle liegen, und die eigentliche feste Leibeswand bilden. Dahin gehört erstens die an der Oberfläche (unmittelbar unter der Oberhaut) gelegene Lederhaut oder das Corium, die derbe, faserige Decke, welche die Nerven und Blutgefässe der Haut enthält; zweitens die mächtige Muskelmasse des ganzen Rumpfes oder das Fleisch, welches die Wirbelsäule umgiebt, bestehend aus zwei Hauptgruppen von Muskeln: den Rückenmuskeln (oder oberen Seitenrumpfmuskeln) und den Bauchmuskeln (oder unteren Seitenrumpfmuskeln). Dazu kommt drittens das für die Wirbelthiere vorzugsweise charakteristische innere Skelet, dessen centrale Grundlage der Axenstab oder die Chorda dorsalis ist, und das sich später zu der gegliederten Wirbelsäule entwickelt;

auch alle die Knochen, Knorpel, Bänder u. s. w., welche bei den höher entwickelten Wirbelthieren dieses Wirbelgerüst zusammensetzen und mit den daran liegenden Sehnen und Muskeln zusammenhängen. Viertens entsteht endlich aus der innersten Zellenschicht des Hautfaserblattes das Exocoelar (d. h. das äussere oder parietale Coelom-Epithel), die Zellenschicht, welche inwendig die Innenfläche der Leibeswand auskleidet.

Das dritte secundäre Keimblatt ist das Darmfaserblatt. Aus diesem entsteht erstens zu äusserst das Entocoelar (d. h. das innere oder viscerale Coelom-Epithel), die Zellenschicht, welche auswendig die gesammte Darmwand bekleidet. Zweitens ist dieses Blatt die Ursprungsstätte des Herzens und der grossen Blutgefässe des Körpers, sowie des Blutes selbst, so dass dasselbe auch als Gefässblatt im eigentlichen Sinne bezeichnet worden ist; die grossen vom Herzen abgehenden Blutröhren (Arterien) und die grossen zum Herzen hinführenden Blutcanäle (Venen), sowie auch die grossen Lymphgefässe, die in letztere einmünden, bilden sich gleich dem Herzen, der Lymphe und dem Blute selbst, aus dem Darmfaserblatt. Drittens entsteht aus demselben das eigentliche Darmmuskelrohr oder Gekrösrohr, d. h. die sämmtlichen faserigen und fleischigen Theile, welche die äussere Wand des Darmcanals bilden, sowie das Gekröse oder Mesenterium, die dünne Faserhaut, mittelst deren das Darmrohr an der Bauchseite der Wirbelsäule aufgehängt ist.

Sehr einfach und klar ist das Verhalten des vierten secundären Keimblattes oder des Darmdrüsenblattes. Aus diesem geht weiter Nichts hervor, als die innere Zellenauskleidung oder das Epithelium des gesammten Darmcanals und aller seiner Anhänge, der grossen und kleinen Darmdrüsen; dahin gehören die Lunge, Leber, Speicheldrüsen, u. s. w. (Vergl. Taf. II und III).

Diese Bedeutung der vier secundären Keimblätter für den Ursprung der verschiedenen Organe ist beim Menschen und bei allen Wirbelthieren ganz dieselbe, so verschiedenartig sich dieselben auch später entwickeln. Der Mensch verhält sich in dieser Beziehung genau wie jedes andere Wirbelthier. Wir werden nun zunächst die Entstehung der röhrenförmigen Organe aus den blattförmigen Anlagen im Ganzen verfolgen und erst später die Entstehung der zusammengesetzten Organe im Einzelnen in Betracht ziehen.

Zehnter Vortrag.

Der Aufbau des Leibes aus den Keimblättern.

„Die Entwickelung der Wirbelthiere geht von einer Axe nach oben, in zwei Blättern, die in der Mittelebene verwachsen, und auch nach unten in zwei Blättern, die ebenfalls in der Mitte verwachsen. Dadurch bilden sich zwei Hauptröhren über einander. Während der Bildung derselben sondert sich der Keim in Schichten, und so bestehen daher beide Hauptröhren aus untergeordneten Röhren, die sich einschliessen als Fundamental-Organe, und welche die Fähigkeit enthalten, zu allen Organen sich auszubilden."

Carl Ernst Baer (1828).

Inhalt des zehnten Vortrages.

Bildung der äusseren Eihaut oder des Chorion. Entstehung des mittleren Keimblattes (Mesoderm oder Muskelblatt). Spaltung desselben in die beiden Faserblätter. Der dreiblätterige Fruchthof des Säugethieres zerfällt in einen inneren, hellen Fruchthof (Area pellucida) und in einen äusseren, dunkeln Fruchthof (Area opaca). In der Mitte des hellen Fruchthofes tritt der eiförmige Urkeim oder die Embryonalanlage auf. Durch den Primitivstreifen zerfällt der Urkeim in eine rechte und linke Seitenhälfte. Unterhalb der Rückenfurche zerfällt das mittlere Keimblatt in die Chorda und in die beiden Seitenblätter. Die Seitenblätter spalten sich horizontal in zwei Blätter: Hautfaserblatt und Darmfaserblatt. Die Urwirbelstränge lösen sich von den Seitenblättern ab. Das Hautsinnesblatt zerfällt in drei Theile: Hornblatt, Markrohr und Urniere. Bildung der Leibeshöhle und der ersten Arterien. Das Darmrohr entsteht aus der Darmrinne. Der Embryo schnürt sich von der Keimblase ab. Dabei erhebt sich rings um denselben die Amnion-Falte, welche über dem Rücken des Embryo zu einem geschlossenen Sacke verwächst: Amnion. Fruchtwasser oder Amnion-Wasser. Dottersack oder Nabelblase. Der Verschluss der Darmwand und Bauchwand bedingt die Bildung des Nabels. Entstehung der Rückenwand und der Bauchwand.

X.

Meine Herren!

In dem Stadium der Entwickelung, in welchem wir zuletzt das Ei des Säugethieres verlassen hatten, stellt dasselbe, wie Sie sich erinnern werden, eine kugelige, mit klarer Flüssigkeit gefüllte Blase dar, die Keimblase oder Keimhautblase *(Blastosphaera* oder *Vesicula blastodermica)*. Die dünne Wand dieser Keimblase, die Keimhaut *(Blastoderma)* bestand aus zwei verschiedenen Zellenschichten, den beiden primären Keimblättern. An einer Stelle zeigte sich dieselbe scheibenartig verdickt, und diese kreisrunde scheibenförmige Verdickung hatten wir die Keimscheibe *(Blastodiscus)* oder den Fruchthof *(Area germinativa)* genannt. Das ist derjenige Theil des Eichens, aus welchem sich der embryonale Körper zunächst entwickelt (Fig. 35*c*).

In diesem Stadium befindet sich das Eichen, welches aus dem Eierstock des Weibes in den Eileiter übergetreten und hier von dem entgegenkommenden Sperma befruchtet worden war, bereits in dem Fruchtbehälter (in der sogenannten Gebärmutter oder dem Uterus), und hier verweilt nun dasselbe bis zu seiner vollständigen Ausbildung. Die äussere glatte Umhüllung der Eizelle, welche wir früher als die dicke durchsichtige äussere Eihaut oder *Zona pellucida* kennen gelernt haben, hat sich während dessen in eine dünne Membran verwandelt, die an der Oberfläche mit feinen warzenähnlichen oder zottenartigen Hervorragungen bedeckt ist (Fig. 35*a*). Diese Zotten der Eihaut greifen in entsprechende Vertiefungen der Uterus-Schleimhaut des mütterlichen Fruchtbehälters ein und sichern so dem Eichen eine feste Lage. Sie sind Producte, Ausscheidungen oder Ablagerungen dieser Schleimhaut selbst und entstehen also ohne Mitwirkung des Eies. Die zottige äussere Eihülle, welche anfänglich Zona pellu-

cida genannt wurde, heisst Chorion oder äussere Eihaut, und ihre zahlreichen feinen Wärzchen heissen Chorion-Zotten (Fig. 35 *a*)[44].



Fig. 35.

Die Keimhaut oder das Blastoderm, welches die Wand der kugeligen Keimblase bildet, besteht in deren ganzer Ausdehnung (auf der gesammten Oberfläche der Kugel) aus den beiden primären Keimblättern; die äussere oder obere Schicht ist das animale oder seröse Blatt, das Exoderm; die innere oder untere Schicht ist das vegetative oder mucöse Blatt, das Entoderm. Nur in dem Bezirke des Fruchthofes, der als kreisrunde, dickere, dunkle Scheibe an einer Stelle der hellen Keimhaut scharf sich abhebt (Fig. 35 *c*), ist bereits zwischen diesen beiden primären Keimblättern ein drittes, mittleres Blatt bemerkbar, das von Remak so genannte „motorisch-germinative“ Blatt, welches wir kurz das Mesoderm oder Mittelblatt nennen wollen. Dasselbe bleibt zunächst auf den Bezirk des Fruchthofes beschränkt und wächst erst später zwischen äusserem und innerem Keimblatt rings um die kugelige Blase herum.

Das Mittelblatt oder Mesoderm wird auch oft Muskelblatt genannt, weil unter seinen verschiedenen Produkten sich die Fleischmassen der Muskeln besonders bemerkbar machen. Man könnte es auch das Faserblatt nennen, weil vorzugsweise die faserigen Gewebe aus ihm hervorgehen. Aus ihm entsteht sowohl die Musculatur des Rumpfes, als diejenige des Darmes. Das Muskelblatt oder Mittelblatt der Säugethiere enthält bereits in sich vereinigt alle diejenigen Zellen, deren Abkömmlinge später alle die verschiedenen Theile bilden, die aus dem Hautfaserblatte und aus dem Darmfaserblatte hervorgehen. Diese beiden Faserblätter (die wir früher als zwei ursprünglich verschiedene secundäre Keimblätter kennen gelernt haben) entwickeln sich also bei den Wirbelthieren scheinbar aus einer gemeinsamen Anlage, einem einzigen ursprünglichen Mittelblatte.

Fig. 35. Kaninchen-Ei aus dem Fruchtbehälter, von 6 Mm. Durchmesser. Die Keimhaut (*b*) ist bereits in grosser Ausdehnung doppelschichtig (*d*). Der Fruchthof (*c*) tritt scharf hervor. Die äussere Eihülle (Chorion) wird zottig (*a*). Nach Bischoff.

Dieses spaltet sich erst später in jene beiden Muskellagen. Darin scheint ein auffallender Unterschied von den höheren wirbellosen Thieren zu liegen, bei denen deutlich das äussere Hautfaserblatt aus dem Exoderm, das innere Darmfaserblatt aus dem Entoderm hervorgeht. Das können wir z. B. beim Embryo des Regenwurmes (Fig. 36) sehr klar nachweisen. Wie wir aber später sehen werden, ist dieser Widerspruch nur scheinbar. Das Verhalten der Wirbellosen stellt in dieser Beziehung das ursprüngliche Entwickelungs-Verhältniss dar, aus welchem dasjenige der Wirbelthiere erst secundär abzuleiten ist. Das ergiebt sich aus der Homologie der vier secundären Keimblätter, die bei den Wirbelthieren wesentlich dieselben Fundamental-Organe bilden, wie bei den wirbellosen Thieren (Fig. 36—39).

Der auffallende Gegensatz, den die Wirbelthiere und die Wirbellosen hierin zu bieten scheinen, erklärt sich dadurch, dass bei den Wirbelthieren sehr frühzeitig (wahrscheinlich schon in der silurischen Zeit oder noch früher) im Axentheile der Keimscheibe eine innige Verwachsung der beiden Mittelblätter oder Faserblätter eintrat, welche durch die Ausbildung des festen Axen-Skelets veranlasst wurde. Hier im Centrum des Körpers, rings um den festen Axenstab, der allen übrigen Theilen als innere Stütze und sichere Anhaltslinie dient, vereinigten sich das Hautfaserblatt und das Darmfaserblatt schon frühzeitig durch Verwachsung (oder Concrescenz) so innig, dass diese Anpassung bald erblich wurde, und dass später in Folge abgekürzter Vererbung ihre ursprüngliche Anlage als eine gemeinsame, als ein einfaches Mittelblatt, erschien.

Nach dieser Anschauung hätten wir also anzunehmen, dass auch bei den Wirbelthieren (wie bei den Wirbellosen) ursprünglich, primär oder in erster Linie, Hautfaserblatt und Darmfaserblatt getrennt entstanden (ersteres aus dem animalen, letzteres aus dem vegetativen Keimblatte); dass ihre scheinbar gemeinsame Entstehung aus einem einfachen mittleren Blatte oder Mesoderm ein nachträglicher, secundärer Vorgang ist, und dass die erst später eintretende Spaltung des letzteren in die beiden ersteren mithin erst in dritter Linie, also tertiär stattfand. Ontogenetisch entstehen allerdings jetzt beide Faserblätter durch Spaltung aus einem einfachen Mittelblatte, aus REMAK's „motorisch-germinativem“ Blatte.

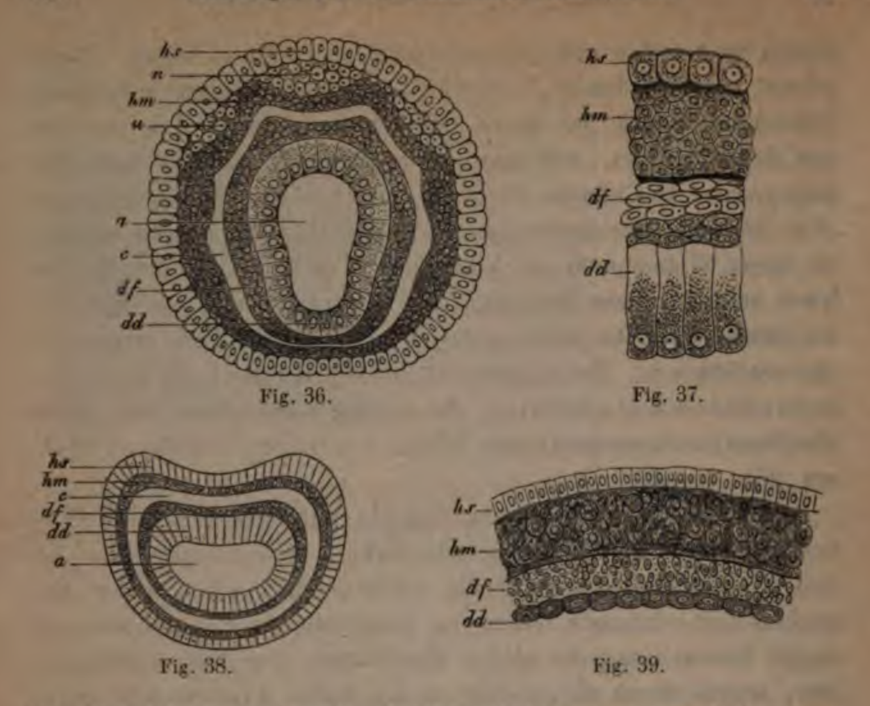


Fig. 36. Fig. 37.

Fig. 38. Fig. 39.

Phylogenetisch ist aber früher das letztere umgekehrt erst durch Verwachsung der beiden ersten entstanden.

Diese Anschauung, welche ich zuerst bei Begründnng meiner Gastraea-Theorie[13]) aufgestellt habe, und welche mir für das biogenetische Verständniss des Thierkörpers sehr wichtig zu sein scheint, stützt sich vorzüglich auf zwei sehr bedeutungsvolle Thatsachen: erstens auf die getrennte Entwickelung der beiden Faserblätter beim Amphioxus, und zweitens auf die frühzeitige Verwachsung der beiden primären Keimblätter bei den höheren Wirbelthieren. Bei dem *Amphioxus* oder Lanzetthierchen, jenem niedersten

---

Fig. 36. Querschnitt durch den Embryo eines Regenwurmes. *hs* Hautsinnesblatt. *hm* Hautfaserblatt. *df* Darmfaserblatt. *dd* Darmdrüsenblatt. *a* Darmhöhle. *c* Leibeshöhle oder Coelom. *n* Urhirn. *u* Urnieren.

Fig. 37. Die vier secundären Keimblätter desselben, stärker vergrössert. (Buchstaben wie in Fig. 36.)

Fig. 38. Querschnitt durch die Larve des Amphioxus (nach Kowalevsky). (Buchstaben wie in Fig. 36).

Fig. 29. Die vier secundären Keimblätter aus der Keimscheibe eines höheren Wirbelthieres. (Buchstaben wie in Fig. 36).

Wirbelthiere, das in so vielfacher Beziehung uns die unschätzbarsten Aufschlüsse über die höheren Wirbelthiere liefert, entstehen nach der sehr wichtigen Beobachtung von KOWALEVSKY die beiden Faserblätter oder Muskelblätter ganz unabhängig von einander (Fig. 38). Das Hautfaserblatt (*hm*) entwickelt sich aus dem äusseren primären Keimblatte und spaltet sich von dem Hautsinnesblatte ab (*hs*). Hingegen entsteht das Darmfaserblatt (*df*) aus dem inneren primären Keimblatte und spaltet sich von dem Darmdrüsenblatte ab (*dd*). Zwischen beiden tritt der Hohlraum der Leibeshöhle auf (*c*). Da nun aber der tiefstehende Amphioxus das ursprüngliche Verhalten zeigt, und da die vier secundären Keimblätter dieses uralten schädellosen Wirbelthieres unzweifelhaft gleichwerthig oder homolog denselben vier Blättern beim Menschen und allen anderen Wirbelthieren sind, so müssen sie auch bei diesen letzteren ursprünglich (phylogenetisch!) ebenso wie beim Lanzetthierchen entstanden sein.

Nicht minder bedeutungsvoll für diese wichtige Frage ist die Verwachsung der beiden primären Keimblätter im Axentheile der Keimscheibe, welche sehr frühzeitig bei allen höheren Wirbelthieren stattfindet (Fig. 43, 44, 45, S. 201, 202). Durch diese Verwachsung entsteht der sogenannte „Axenstrang", welcher aus Zellen jener beiden ursprünglichen Keimblätter zusammengesetzt ist und von welchem die Bildung des dritten, mittleren Blattes eigentlich mit ausgeht. Wir werden auf diesen wichtigen Vorgang gleich bei Betrachtung der Querschnitte ausführlich zurückkommen, und wollen hier nur ausdrücklich darauf hinweisen, wie sehr derselbe für unsere Ansicht spricht. Denn es zeigt sich gerade hier ganz deutlich, dass das mittlere Blatt von Anfang an aus Zellen beider primären Keimblätter zusammengesetzt ist. Wenn sich dasselbe später in die beiden Faserblätter spaltet, so wird das Hautfaserblatt (Fig. 39 *hm*) aus den ursprünglichen Zellen des äusseren (*hs*) und ebenso das Darmfaserblatt (*df*) aus den ursprünglichen Zellen des inneren primären Keimblattes (*dd*) gebildet[45].

Vorläufig wollen wir jedoch in diese wichtigen Verhältnisse nicht tiefer eindringen, sondern zunächst die weiteren Differenzirungen betrachten, welche in dem peripherischen Theile der Keimscheibe vor sich gehen. Diese erscheint jetzt ebenso beim Embryo der Säugethiere, wie der Vögel und Reptilien, als eine dreiblätterige kreisrunde Scheibe. Indem in ihrem äusseren Randtheile eine periphe-

rische Zellenwucherung stattfindet, können wir bald eine hellere Mitte und einen dunkleren Rand unterscheiden. Der klare hellere Mitteltheil wird der durchsichtige oder helle Fruchthof *(Area pellucida)* genannt; der trübe, dunklere Ring, der ihn umgiebt, heisst dunkler Fruchthof oder Gefässhof *(Area opaca)*. Sodann geht die kreisrunde Gestalt des Fruchthofes in eine länglich runde und weiterhin in eine ovale oder eiförmige über (Fig. 40). Das eine Ende ist breiter und mehr rund, das andere schmaler und mehr spitz.

Jetzt erscheint in der Mitte des hellen Fruchthofes ein trüber grosser ovaler Fleck, der anfangs nur sehr zart, kaum bemerkbar ist, bald aber sich deutlicher abgrenzt und nunmehr als ein länglich runder oder ovaler Schild vortritt, der von zwei Ringen umgeben ist (Fig. 40). Der innere hellere Ring ist der Rest des hellen Fruchthofes; der äussere dunklere Ring ist der dunkle Fruchthof; der trübe schildförmige Fleck selbst aber ist von der grössten Bedeutung: er ist nichts anderes, als die erste Anlage des zukünftigen Säugethierleibes, der Urkeim oder die Embryonal-Anlage (der „Doppelschild" von REMAK, das *Protosoma* anderer Autoren). Er entsteht dadurch, dass die Zellen des äusseren und mittleren Blattes sich im Centrum des hellen Fruchthofes stärker vermehren und zu mehrfachen Lagen anhäufen. Das innere Blatt bleibt dabei noch einfach. Durch die ovale Gestalt des Urkeims ist zugleich schon ein Unterschied zwischen Vorn und Hinten



Fig. 40.

Fig. 40. Fruchthof oder Keimscheibe von der Keimhautblase des Kaninchens, ungefähr 10mal vergrössert. Da die zarte, halb durchscheinende Keimscheibe auf schwarzem Grunde liegt, so erscheint der helle Fruchthof als ein dunklerer Ring, hingegen der (nach aussen davon gelegene) dunkele Fruchthof als ein weisser Ring. Weisslich erscheint auch der in der Mitte gelegene ovale Urkeim, in dessen Axe die dunkle Markfurche sichtbar ist. (Nach BISCHOFF.)

angedeutet; die abgerundete Partie der Embryonal-Anlage entspricht dem vorderen oder Kopfende; die spitzere Partie dem hinteren Rumpf- oder Schwanzende.

Nun zeigt sich plötzlich in der Mitte dieses länglich-eirunden, scheibenförmigen Urkeims ein kleiner, zarter Streifen, der Primitivstreifen, wodurch die Embryonal-Anlage in zwei Hälften zerfällt: in die rechte und linke Seitenhälfte. Bei genauerer Betrachtung zeigt sich bald, dass dieser ausserordentlich zart auftretende Primitivstreifen der Ausdruck einer rinnenförmigen Vertiefung, einer Furche ist, welche wir die Primitivfurche, Markfurche oder Rückenfurche nennen. Diese ist am hinteren Ende etwas breiter als am vorderen. Beiderseits dieser Furche erhebt sich etwas die Fläche der Keimscheibe, indem rechts und links von derselben das äussere Keimblatt eine leistenförmige Verdickung bildet. Diese beiden Leisten oder Wülste heissen die Rückenwülste oder Markwülste.

Während sich die zarte Primitivrinne zur Rückenfurche vertieft, und sich beiderseits derselben die Rückenwülste höher erheben, nimmt der länglich runde Fruchthof wieder seine frühere kreisrunde Gestalt an. Der Urkeim hingegen geht aus der eiförmigen Gestalt in die sogenannte leierförmige oder sohlenförmige Gestalt über. Der länglich runde, blattförmige Körper desselben wird nämlich in der Mitte etwas eingeschnürt, während das vordere und hintere Ende etwas verdickt hervortritt (Fig. 41). Diese sehr charakteristische Gestalt, welche man am passendsten mit einer Schuhsohle, einem Bisquit, einer Geige oder einer Leier vergleicht, bleibt nun beim Embryo der Säugethiere (und ebenso auch der Vögel und Reptilien) geraume Zeit hindurch bestehen. Der Urkeim des Menschen nimmt diese Schuhsohlen-Form bereits in der zweiten Woche seiner Entwickelung an (Fig. 42). Gegen Ende dieser Woche besitzt derselbe eine Länge von ungefähr einer Linie.

Wir wollen nun zunächst den Fruchthof ganz ausser Acht lassen, da uns dessen Veränderungen erst viel später interessiren, und wenden unsere ganze Aufmerksamkeit dem sohlenförmigen Urkeime oder der embryonalen Körperanlage im engsten Sinne zu, aus welcher allein sich der bleibende Körper der Säugethiere, Vögel und Reptilien entwickelt Um die weiteren Entwickelungsvorgänge dieses Urkeimes zu verstehen, müssen wir uns einer Methode bedienen, welche erst durch Remak zu voller Geltung gebracht ist, näm-



Fig. 41.

lich der Betrachtung von **Querschnitten**, welche man in der Richtung von rechts nach links senkrecht durch die dünne Scheibe des Urkeims legt. Nur indem man diese Querschnitte auf das Sorgfältigste Schritt für Schritt in jedem Stadium der Entwickelung untersucht, kommt man zum vollen Verständniss der Vorgänge, durch welche sich aus der einfachen blattförmigen Körperanlage der so ausserordentlich complicirte Wirbelthierkörper entwickelt.



Fig. 42.

Wenn wir nun jetzt durch unseren sohlenförmigen Urkeim (Fig. 41*b*, 42) einen senkrechten Querschnitt legen, so bemerken wir zunächst die Verschiedenheit der drei übereinander liegenden Keimblätter (Fig. 43). Der Urkeim oder die Embryonal-Anlage besteht gewissermaassen aus drei über einander liegenden Schuhsohlen. Die unterste von diesen (das Darmdrüsenblatt) ist die dünnste Schicht und besteht bloss aus einer einzigen Lage von Zellen (Fig. 43 *d*). Die mittlere Sohle (das Mesoderm) ist beträchtlich dicker und erscheint mehr oder weniger deutlich aus zwei eng verbundenen Schichten zusammengesetzt, von denen die untere (*f*)

Fig. 41. **Fruchthof oder Keimscheibe des Kaninchens mit sohlenförmigem Urkeim**, ungefähr 10mal vergrössert. Das helle kreisrunde Feld (*d*) ist der dunkle Fruchthof. Der helle Fruchthof (*c*) ist leierförmig, wie der Urkeim selbst (*b*). In dessen Axe ist die Rückenfurche oder Markfurche sichtbar (*a*). Nach BISCHOFF.

Fig. 42. **Urkeim des Menschen von Gestalt einer Schuh-**

auf die erste Anlage des Darmfaserblattes, die obere (*m*) hingegen auf die erste Anlage des Hautfaserblattes zu beziehen ist. Die dritte



Fig. 43.

und oberste Schuhsohle (Fig. 43 *h*) ist das Hautsinnesblatt und besteht aus kleineren, helleren Zellen. In der Mitte unseres Querschnittes, dem Axentheile der Sohlen entsprechend, sind alle drei Sohlen in beträchtlicher Ausdehnung mit einander verwachsen und bilden hier den dicken Axenstrang (Fig. 43 *xy*). In der Mitte der oberen Fläche bemerken wir eine ganz schwache, furchenartige Vertiefung, die erste Spur der Primitivrinne (*n*).

Ein wenig später (Fig. 44) wird die Primitivrinne (*n*) schon etwas tiefer, und beiderseits derselben erheben sich als niedrige Leisten die Rückenwülste. Mitten unterhalb der Primitivrinne son-



Fig. 44.

---

sohle, aus der zweiten Woche der Entwickelung, ungefähr 40mal vergrössert. In der Mitte ist die Rückenfurche sichtbar.

Fig. 43. Querschnitt durch den Urkeim, von der Keimscheibe eines Hühnchens (wenige Stunden nach Beginn der Bebrütung). *h* Hautsinnesblatt. *m* Hautfaserblatt. *f* Darmfaserblatt (mit letzterem zum Mittelblatt oder Mesoderm verbunden). *d* Darmdrüsenblatt. In der Mitte sind alle vier secundären Keimblätter zu dem dicken Axenstrange (*xy*) verwachsen. *n* Erste Spur der Primitivrinne. *u* Gegend der späteren Urnieren-Anlage. (Nach WALDEYER.)

Fig. 44. Querschnitt durch den Urkeim, von der Keimscheibe eines Hühnchens, etwas später als Fig. 43. Bedeutung der Buchstaben wie in Fig. 43. In der Mitte des Axenstranges (*y*) sondert sich die Chorda dorsalis oder der Axenstab (*x*). (Nach WALDEYER.)

dert sich aus der Zellenmasse des dicken Axenstranges ein im Querschnitt rundliches Organ (*x*), welches sich bei der Flächen-Ansicht als ein cylindrischer Strang zeigt und die erste Anlage des Axenstabes oder der *Chorda dorsalis* darstellt. Das Darmfaserblatt (*f*) erscheint deutlich als Product des Darmdrüsenblattes (*d*), gesondert von dem Hautfaserblatt (*m*), das vom Hautsinnesblatt (*h*) abstammt.

Die Primitivrinne (*Pv* Fig. 45) wird nun bald beträchtlich tiefer und gestaltet sich zum Grunde der Rückenfurche (*Rf*), während beiderseits derselben sich die beiden parallelen Rückenwülste immer höher erheben (*m*). Zugleich sondert sich der centrale Axenstab oder die Chorda (Fig. 45 *ch*) vollständig und scharf von den beiden



Fig. 45.

seitlichen Theilen des mittleren Keimblattes ab. Diese letzteren werden wir nunmehr als Seitenblätter (*sp*) der in der Axe gelegenen Chorda gegenüberstellen. Gewöhnlich werden sie „Seitenplatten" genannt. In der Mitte jedes Seitenblattes zeigt sich eine Spalte (in der Fläche desselben), indem sich hier das obere oder äussere Hautfaserblatt von dem unteren oder inneren Darmfaserblatt ablöst. Diese Spalte (Fig. 45 *uwh*) ist von grosser Bedeutung, weil sie die erste Anlage der späteren Leibeshöhle oder des Coeloms darstellt [46].

Fig. 45. Querschnitt durch den Urkeim (von einem bebrüteten Hühnchen gegen Ende des ersten Tages der Bebrütung), ungefähr 100mal vergrössert. Das Hautsinnesblatt oder das äussere Keimblatt sondert sich in zwei verschiedene Theile, in die peripherische dünnere Hornplatte (*h*), aus welcher die Oberhaut mit ihren Anhängen entsteht, und in die axiale dickere Markplatte (*m*), aus welcher sich das Markrohr bildet; dies entsteht aus der Rückenfurche (*Rf*), deren tiefsten Theil die Primitivrinne (*Pv*) bildet. Die Grenze zwischen Markplatte (*m*) und Hornplatte (*h*) bilden die stark erhabenen parallelen Rückenwülste. Das mittlere Keimblatt oder das vereinigte Faserblatt (das „motorisch-germinative" Blatt) ist bereits in den Axenstab oder

Bei Gelegenheit dieser „Seitenblätter“, die gewöhnlich mit dem Namen „Seitenplatten“ belegt werden, will ich ein paar Worte über die beiden Kunstausdrücke „Blätter“ und „Platten“ einfügen, welche seit BAER in der Ontogenie allgemein angewendet werden und auch von uns hier auf jedem Schritte gebraucht werden müssen. Sowohl die „Blätter“ (*Laminae*) als die „Platten“ (*Lamellae*) sind blattförmige oder plattenförmige Körper, welche ursprünglich aus einer einzigen oder aus mehreren über einander geschichteten Lagen von gleichartigen Zellen bestehen, und welche die ersten Grundlagen für die entstehenden Organ-Systeme und Organe des Körpers bilden. Der ontogenetische Sprachgebrauch macht aber zwischen „Blättern“ und „Platten“ einen wichtigen Unterschied. Als Blätter werden nur die ersten und ältesten Zellenschichten des Keimes bezeichnet, die über den ganzen Keim weggehen und die Anlagen ganzer Organ-Systeme bilden. Unter Platten hingegen versteht man einzelne Theile jener Blätter und aus diesen hervorgehende Zellenschichten, welche nur einem Theile des Keimes angehören und zur Bildung einzelner grösserer und kleinerer Organe dienen.

Allerdings wird diese Unterscheidung keineswegs scharf durchgeführt, und man bezeichnet z. B. die beiden mittleren secundären Keimblätter gewöhnlich als Hautfaser-„Platten“ und Darmfaser-„Platten“ (— statt „Blätter“ —). Umgekehrt nennt man die „Hornplatte“ (einen Theil des „Hautsinnesblattes“) gewöhnlich „Hornblatt“. Wir werden jedoch an jener wichtigen Unterscheidung thunlichst festhalten, und als „Blätter“ also nur die beiden primären und die vier secundären Keimblätter bezeichnen; natürlich müssen wir aber auch die „Seitenplatten“ demgemäss „Seitenblätter“ nennen, da sie ursprünglich aus einer Verwachsung von zwei secundären Keimblättern hervorgegangen sind. Hingegen werden wir das sogenannte „Hornblatt“ und alle aus jenen vier Blättern abgespaltenen oder differenzirten blattförmigen Organanlagen als „Platten“ bezeichnen (so die Muskelplatte, Skeletplatte u. s. w.).

---

die Chorda (*ch*) und in die beiden Seitenblätter (*sp*) zerfallen. Der innerste Theil der letzteren sondert sich bald als Urwirbelstrang ab (*uwp*). Der zarte Spalt in den Seitenblättern ist die erste Anlage der späteren Leibeshöhle (*uwh*). Das innere Keimblatt oder das Darmdrüsenblatt (*dd*) ist noch unverändert. Nach KÖLLIKER.

Nachdem die Chorda sich von den beiden Seitenblättern völlig getrennt hat, spaltet sich von dem inneren Rande jedes Seitenblattes rechts und links ein Stück ab, welches die Gestalt eines dicken langen Stranges hat (Fig. 45 *uwp*, Fig. 46 *u*). Wir wollen denselben Urwirbelplatte, oder besser Urwirbelstrang nennen, weil dieser Strang sich zu den Urwirbeln entwickelt. Er bildet die erste Anlage der einzelnen Abschnitte der Wirbelsäule, der „Urwirbelstücke". Später treten diese Urwirbel in die engste Beziehung zu der Chorda dorsalis, welche sie umwachsen, und diese ganze Axen-Masse entwickelt sich dann zu der späterhin so mannichfach gegliederten und complicirten Wirbelsäule. Die peripherischen Theile der beiden Seitenblätter, welche nach der Abspaltung des Urwirbelstranges übrig bleiben, heissen von jetzt an „Seitenplatten" oder Seitenblätter im engeren Sinne: sie entwickeln sich zu den schon genannten beiden Faserblättern.



Fig. 46.

Während dieser Vorgänge bleibt das Darmdrüsenblatt oder das innere Keimblatt zunächst ganz unverändert: es sind keine Sonderungen daran wahrzunehmen (Fig. 45 *dd*, Fig. 46 *d*). Um so bedeutender sind die Veränderungen, welche jetzt im Hautsinnesblatte oder im äusseren Keimblatte vor sich gehen. Die fortdauernde Erhöhung und das beständige Wachsthum der beiden Rückenwülste führt nämlich dahin, dass jetzt diese beiden erhabenen Leisten sich mit ihren oberen freien Rändern gegen einander krümmen, immer mehr nähern (Fig. 46 *w*) und schliesslich verwachsen. So entsteht aus der offenen Rückenfurche, deren obere Spalte enger und enger wird, zuletzt ein geschlossenes cylindrisches Rohr (Fig. 47 *mr*). Dieses Rohr ist von der grössten Bedeutung: es ist nämlich

---

Fig. 46. Querschnitt durch den Urkeim (von einem Hühnchen am Ende des ersten Brütetages), etwas weiter entwickelt als Fig. 45, ungefähr 20mal vergrössert. Die beiden Ränder der Markplatte (*m*), welche als Markwülste (*w*) die letztere von der Hornplatte (*h*) abgrenzen, krümmen sich gegeneinander. Beiderseits der Chorda (*ch*) hat sich der innere Theil der Seitenblätter (*u*) als Urwirbelstrang von dem äusseren Theile (*sp*) gesondert. Das Darmdrüsenblatt (*d*) ist noch unverändert. Nach Remak.

die erste Anlage des Central-Nervensystems, des Gehirns und des Rückenmarkes. Wir nennen diese erste Anlage **Markrohr** oder



Fig. 47.

Medullarrohr (*Tubus medullaris*). Früher hat man diese Thatsache als ein wunderbares Räthsel angestaunt; wir werden nachher sehen, dass sich dieselbe im Lichte der Descendenz-Theorie als ein ganz natürlicher Vorgang herausstellt. Es ist ganz naturgemäss, dass sich das Central-Nervensystem—als das Organ, durch welches aller Verkehr mit der Aussenwelt, alle Seelenthätigkeit und alle Sinneswahrnehmungen vermittelt werden — aus der Oberhaut oder Epidermis durch Abschnürung entwickelt. Später schnürt sich das Markrohr vollständig vom äusseren Keimblatte ab und wird nach innen hinein gedrängt. Der übrig bleibende Theil des letzteren heisst nunmehr **Hornplatte** oder „Hornblatt", weil sich aus ihm die gesammte Oberhaut oder Epidermis mit den dazu gehörigen Horntheilen (Nägeln, Haaren u. s. w.) entwickelt. (Vergl. Taf. II und III.)

Sehr frühzeitig scheint ausser dem Central-Nervensystem von der äusseren Haut her noch ein anderes, ganz verschiedenes Organ

---

Fig. 47. **Querschnitt durch den Urkeim** (von einem bebrüteten Hühnchen am zweiten Brütetage), ungefähr 100mal vergrössert. Im **äusseren Keimblatte** hat sich die axiale Rückenfurche vollständig zum **Markrohr** (*mr*) geschlossen und von der Hornplatte (*h*) abgeschnürt. Im **mittleren Keimblatte** ist die axiale **Chorda** (*ch*) ganz von den beiden Urwirbelsträngen (*uw*) getrennt, in deren Innerem sich später eine vorübergehende Höhle (*uwh*) bildet. Die **Seitenblätter** haben sich in das äussere Hautfaserblatt (*hpl*) und in das innere Darmfaserblatt (*df*) gespalten, die durch die Mittelplatten (*mp*) innen noch zusammenhängen. Die Spalte zwischen beiden (*sp*) ist die Anlage der Leibeshöhle. In der Lücke zwischen Urwirbelsträngen und Seitenblättern ist **aussen** jederseits die **Urniere** (*ung*), **innen** hingegen die **Urarterie** (*ao*) angelegt. Nach Kölliker.

zu entstehen, nämlich die Urniere, welche die ausscheidende Thätigkeit des Körpers besorgt und den Harn des Embryo absondert. Diese Urniere ist ursprünglich ein ganz einfacher, röhrenförmiger, langer Gang, ein gerader Canal, der beiderseits der Urwirbelstränge (an deren äusserer Seite) von vorn nach hinten läuft (Fig. 47 *ung*). Er entsteht, wie es scheint, seitlich vom Medullarrohr aus der Hornplatte, in der Lücke, welche zwischen dem Urwirbelstrange und der Seitenplatte sich findet. Schon zu der Zeit, in welcher die Abschnürung des Medullarrohres von der Hornplatte erfolgt, wird die Urniere in dieser Lücke sichtbar. Nach anderen Angaben soll die erste Anlage der Urniere nicht von der Hornplatte, sondern entweder vom Urwirbelstrange oder von den Seitenplatten sich ablösen.

Das wären also die drei Stücke, welche zunächst aus dem äusseren Keimblatte hervorgehen: 1) Die Hornplatte oder die äussere Umhüllung des Körpers, welche die Oberhaut mit den Haaren, Nägeln, Schweissdrüsen u. s. w. bildet (Fig. 47 *h*); 2) das Markrohr oder Medullarrohr, aus welchem sich das Rückenmark, und später an dessen vorderem Ende das Gehirn hervorbildet (Fig. 47 *mr*); 3) die Urnieren, welche als ausscheidende Organe, als Harnwerkzeuge thätig sind (Fig. 47 *ung*). Dazu gehört vielleicht auch die erste Anlage der Keimdrüsen, des wichtigsten Theils der Geschlechtsorgane.

Während so das Hautsinnesblatt sich in die Hornplatte, das Medullarrohr und die Urnieren sondert, zerfällt das mittlere Keimblatt oder das vereinigte Muskelblatt ebenfalls in drei Stücke, nämlich: 1) in der Mittellinie des Urkeimes der Axenstab oder die Chorda (Fig. 47 *ch*); 2) zu beiden Seiten derselben die Urwirbelstränge (Fig. 47 *uw*) und 3) nach aussen die davon abgeschnürten Seitenblätter. Diese letzteren zeigen uns noch die ursprüngliche Spaltung des mittleren Keimblattes in das äussere Hautmuskelblatt (oder Hautfaserblatt, Fig. 47 *hpl*), und das innere Darmmuskelblatt (oder Darmfaserblatt, Fig. 47 *df*). Die Verbindungsstelle beider Faserblätter heisst Mittelplatte (*mp*). Die enge Spalte (*sp*) oder der leere, hohle Raum, welcher zwischen beiden Faserblättern sich bildet, ist ebenfalls von der grössten Bedeutung; er ist die Anlage der Leibeshöhle oder des Coeloms; der grossen Eingeweidehöhle, in welcher später Herz, Lunge, Darmcanal u. s. w. liegen. Sie zerfällt später beim Säugethiere durch die Ausbildung des Zwerchfelles in zwei getrennte Höhlen: in die Brusthöhle und die Bauchhöhle. Anfang

aber ist sie ein einfacher, hohler Raum, der ursprünglich in Gestalt einer rechten und linken Spalte zwischen Darmmuskelblatt und Hautmuskelblatt auftritt. Diese Spalte entsteht durch Auseinanderweichen der beiden mittleren Blätter. Nur an ihrem inneren Rande bleiben diese beiden verbunden; hier biegt (an der Aussenseite der Urwirbelstränge) das Hautfaserblatt unmittelbar in das Darmfaserblatt um, und diese Umbiegungsstelle ist eben die Mittelplatte oder besser Gekrösplatte (Fig. 40 *mp*).

Endlich treffen wir nun (wahrscheinlich im Zusammenhange mit dieser Leibeshöhlenbildung) schon in sehr früher Zeit ein anderes Organ in dem unteren Winkel zwischen dem Darmfaserblatte und den Urwirbelsträngen (Fig. 47 *ao*). Das ist die erste Anlage der grossen Blutgefässe des Körpers, der primitiven Haupt-Arterien oder Aorten. Sie verlaufen als zwei lange Canäle in der spaltartigen Lücke zwischen dem Darmmuskelblatt, dem Darmdrüsenblatt und den Urwirbelsträngen. Später liegen sie ganz inwendig in der Leibeshöhle, und dann liegt ganz nahe nach aussen von ihnen die Urniere (Vergl. Taf. II, Fig. 3, 4 und S. 219).

Das innere Keimblatt oder das Darmdrüsenblatt (Fig. 47 *dd*) bleibt während dieser Vorgänge ganz unverändert und beginnt erst etwas später eine ganz flache, rinnenförmige Vertiefung in der Mittellinie des Urkeims, unmittelbar unter der Chorda zu zeigen. Diese Vertiefung heisst die Darmrinne oder Darmfurche. Sie deutet uns bereits das künftige Schicksal dieses Keimblattes an. Indem nämlich die Darmrinne sich allmählich vertieft und ihre unteren Begrenzungsränder sich gegen einander krümmen, gestaltet sie sich in ganz ähnlicher Weise zu einem geschlossenen Rohr, dem Darmrohr, um, wie vorher die Primitivrinne sich zum Medullarrohr gestaltet hat (Fig. 48). Auch diesen wichtigen Vorgang können Sie sich ganz einfach mechanisch vorstellen. Denken sie sich ein Blatt Papier, dessen entgegengesetzte Ränder mit Leim bestrichen sind, und welches so stark gekrümmt wird, dass sich die Ränder desselben berühren; lassen Sie dann diese Ränder mit einander verkleben oder verwachsen, so entsteht natürlich ein Rohr. So entstand das Medullarrohr (48 *n*). Ganz ähnlich entsteht auch das Darmrohr (48 *a*). Das Darmmuskelblatt (*f*), welches dem Darmdrüsenblatt (*d*) anliegt, folgt natürlich der Krümmung des letzteren. Es besteht also von Anfang an die



Fig. 48.

entstehende Darmwand aus zwei Schichten, inwendig aus dem Darmdrüsenblatt und auswendig aus dem Darmmuskelblatt.

Nun ist aber trotz aller Aehnlichkeit ein Unterschied in der Bildung des Darmrohres und des Markrohres zu bemerken. Das Markrohr schliesst sich nämlich in seiner ganzen Länge zu einer cylindrischen Röhre, während das Darmrohr in der Mitte offen bleibt und die Höhlung desselben noch sehr lange in Zusammenhang mit der Höhlung der Keimblase steht. Die offene Verbindung zwischen beiden Höhlungen schliesst sich erst sehr spät, bei Bildung des Nabels. Die Schliessung des Markrohres erfolgt von beiden Seiten her, indem die Ränder der Primitivrinne von rechts und links her mit einander verwachsen. Die Schliessung des Darmrohres hingegen erfolgt nicht bloss von rechts und von links, sondern gleich-

---

Fig. 48. Drei schematische Querschnitte durch den Urkeim des höheren Wirbelthieres, um die Entstehung der röhrenförmigen Organ-Anlagen aus den gekrümmten Keimblättern zu zeigen. In Fig. *A* sind Markrohr (*n*) und Darmrohr (*a*) noch offene Rinnen; die Urnieren (*u*) sind noch einfache Hautdrüsen. In Fig. *B* ist das Markrohr (*n*) und die Rückenwand bereits geschlossen, während das Darmrohr (*a*) und die Bauchwand noch offen sind; die Urnieren sind abgeschnürt. In Fig. *C* ist sowohl oben das Markrohr und die Rückenwand, als unten das Darmrohr und die Bauchwand geschlossen. Aus allen offenen Rinnen sind geschlossene Röhren geworden; die Urnieren sind nach innen gewandert Die Buchstaben bedeuten in allen drei Figuren dasselbe: *h* Hautsinnesblatt. *n* Markrohr oder Medullarrohr. *u* Urnieren. *x* Axenstab. *s* Wirbel-Anlage. *r* Rückenwand. *b* Bauchwand. *c* Leibeshöhle oder Coelom. *f* Darmfaserblatt. *t* Urarterie (Aorta). *v* Urvene (Darm-Vene). *d* Darmdrüsenblatt. *a* Darmrohr. (Vergl. Taf. II und III.)

zeitig auch von vorn und von hinten her, indem die Ränder der Darmrinne von allen Seiten her gegen den Nabel zusammenwachsen. Dieser Vorgang wird für Sie anfangs ziemlich schwer zu verstehen sein, und erst später werden Sie im Stande sein, sich ein einigermaassen entsprechendes Bild desselben zu entwerfen. Allerdings sind alle hier auftretenden Processe eigentlich ausserordentlich einfach; aber dennoch erscheinen sie uns im Anfang ziemlich schwer verständlich, weil wir nicht gewohnt sind, uns derartige Entwickelungs-Vorgänge lebendig vor Augen zu stellen. Ausserdem treten freilich auch bald verschiedene Complicationen auf, welche das an sich nicht schwierige Verständniss der ursprünglichen Entwickelungs-Vorgänge gerade beim Wirbelthiere sehr erschweren. Insbesondere ist es hier das Verhältniss des Embryo zur Keimblase und zu den aus letzterer sich bildenden Hüllen, welches anfangs sehr grosse Schwierigkeiten bereitet. (Vergl. Taf. III, Fig. 14 und 15.)

Um hier Klarheit zu gewinnen, müssen Sie das Verhältniss des Urkeimes (oder der eigentlichen Anlage des Embryo-Körpers) zum Fruchthof und zur Keimblase scharf in's Auge fassen. Das geschieht am besten durch Vergleichung der fünf Stadien, welche Fig. 49 Ihnen im Längsschnitt vorführt. Der embryonale Körper (*e*), der sich aus der Keimscheibe gebildet hat, zeigt schon sehr frühzeitig das Bestreben, sich über die Ebene des Fruchthofes zu erheben und von der Keimblase abzuschnüren. Der ganze Körper zeigt jetzt, wenn man ihn von der Rückenfläche betrachtet, immer noch eine sehr einfache Gestalt. Der Umriss hat immer noch die ursprüngliche einfache Sohlenform (Fig. 42, S. 200). Von einer Gliederung in Kopf, Hals, Rumpf u. s. w., sowie von Gliedmaassen ist noch Nichts zu bemerken. Aber in der Dicke ist der Urkeim mächtig gewachsen und daher tritt jetzt sein Rückentheil als ein dicker, länglich runder Wulst stark gewölbt über die Fläche des Fruchthofes hervor. Nun stellen Sie sich vor, dass sich der Embryo bemühe, sich von der Keimblase, mit welcher er an der Bauchfläche zusammenhängt, vollständig abzuschnüren und zu emancipiren. Indem diese Abschnürung fortschreitet, krümmt sich sein Rücken immer stärker; in demselben Verhältnisse, als der Embryo wächst und grösser wird, nimmt die Keimblase ab und wird kleiner, und zuletzt hängt die letztere nur noch als ein kleines Bläschen aus dem Bauche des Embryo hervor (Fig. 47, 5 *ds*). Zunächst entsteht in Folge der Wachsthumsvor-

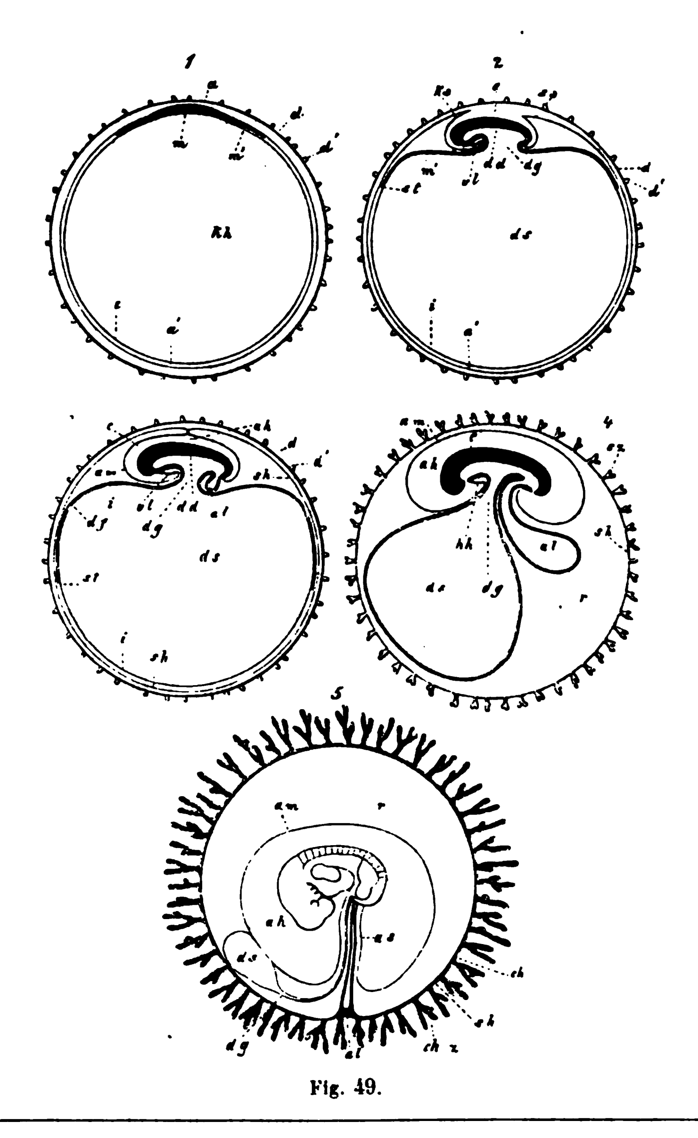


Fig. 49.

Fig. 49. **Fünf schematische Längsschnitte durch den reifenden Säugethier-Keim und seine Eihüllen.** In Fig. 1—4 geht der Längsschnitt durch die Sagittal-Ebene oder die Mittelebene des Körpers, welche rechte und linke Hälfte scheidet; in Fig. 5 ist der Keim von der linken Seite gesehen. In Fig. 1 umschliesst das mit Zotten (*d'*) besetzte Chorion (*d*) die Keimblase, deren Wand aus den beiden primären Keimblättern besteht. Zwischen dem äusseren (*a*) und inneren (*i*) Keimblatte hat sich im Bezirke des Fruchthofes das mittlere Keimblatt (*m*)

gänge, die diese Abschnürung bewirken, rings um den Embryo-Körper auf der Oberfläche der Keimblase eine furchenartige Vertiefung, die wie ein Graben den ersteren rings umgiebt, und nach aussen von diesem Graben bildet sich durch Erhebung der anstossenden Theile der Keimblase ein ringförmiger Wall oder Damm (Fig. 49, 2 *ks*).

Um diesen wichtigen Vorgang klar zu übersehen, wollen wir den Embryo mit einer Festung vergleichen, die von Graben und Wall umgeben ist. Dieser Graben besteht aus dem äusseren Theile des Fruchthofes und hört auf, wo der Fruchthof in die Keimblase übergeht. Die wichtige Spaltung in dem mittleren Keimblatte, welche die Bildung der Leibeshöhle veranlasst, setzt sich peripherisch über den Bezirk des Embryo auf den ganzen Fruchthof fort. Zunächst reicht dieses mittlere Keimblatt bloss so weit, wie der Fruchthof; der ganze übrige Theil der Keimblase besteht anfangs nur aus den zwei ursprünglichen Keimblättern, dem äusseren und inneren Keimblatt. So weit also der Fruchthof reicht, spaltet sich das mittlere Keimblatt ebenfalls in die beiden Ihnen bereits bekannten Lamellen, in das äussere Hautfaserblatt und in das innere Darmfaserblatt. Diese beiden Lamellen weichen weit auseinander, indem sich zwischen beiden eine helle Flüssigkeit ansammelt (Fig. 49,3, *am*). Die innere

---

entwickelt. In Fig. 2 beginnt der Embryo (*e*) sich von der Keimblase (*ds*) abzuschnüren, während sich rings um ihn der Wall der Amnionfalte erhebt (vorn als Kopfscheide, *ks*, hinten als Schwanzscheide, *ss*). In Fig. 3 stossen die Ränder der Amnionfalte (*am*) oben über dem Rücken des Embryo zusammen und bilden so die Amnionhöhle (*ah*); indem sich der Embryo (*e*) stärker von der Keimblase (*ds*) abschnürt, entsteht der Darmcanal (*dd*), aus dessen hinterem Ende die Allantois hervorwächst (*al*). In Fig. 4 wird die Allantois (*al*) grösser; der Dottersack (*ds*) kleiner. In Fig. 5 zeigt der Embryo bereits die Kiemenspalten und die Anlagen der beiden Beinpaare; das Chorion hat verästelte Zotten gebildet. In allen 5 Figuren bedeutet: *e* Embryo. *a* Aeusseres Keimblatt. *m* Mittleres Keimblatt. *i* Inneres Keimblatt. *am* Amnion. (*ks* Kopfscheide. *ss* Schwanzscheide). *ah* Amnion-Höhle. *as* Amnionscheide des Nabelstranges. *kh* = *ds* Keimhautblase oder Dottersack (Nabelblase). *dg* Dottergang. *df* Darmfaserblatt. *dd* Darmdrüsenblatt. *al* Allantois. *vl* = *hh* Herzgegend. *ch* = *d* Chorion oder äussere Eihaut (sogenannte „Dotterhaut"). *chz* = *d'* Chorion-Zotten. *sh* Seröse Hülle. *sz* Zotten derselben. *r* Der mit Flüssigkeit gefüllte Raum zwischen Amnion und Chorion. (Nach KOELLIKER.) Vergl. Taf. III, Fig. 14 und 15.

Lamelle, das Darmfaserblatt, bleibt auf dem inneren Blatte der Keimblase (auf dem Darmdrüsenblatte) liegen. Die äussere Lamelle hingegen, das Hautfaserblatt, legt sich eng an das äussere Blatt der Keimblase an und hebt sich mit diesem zusammen von derselben ab. Aus diesen beiden vereinigten äusseren Lamellen, nämlich aus der äusseren Haut oder der Hornplatte, und aus dem Hautfaserblatt, entsteht nun eine zusammenhängende Haut. Das ist der ringförmige Wall, welcher rings um den ganzen Embryo immer höher und höher wird, und schliesslich über demselben zusammenwächst (Fig. 49, $_{2,3,4,5}$ *am*). Um das vorhin gebrauchte Bild der Festung beizubehalten, stellen Sie sich vor, dass der Ring-Wall der Festung ausserordentlich hoch wird und die Festung weit überragt. Seine Ränder wölben sich wie die Kämme einer überhängenden Felswand, welche die Festung einschliessen will; sie bilden eine tiefe Höhle und wachsen schliesslich oben zusammen. Zuletzt liegt die Festung ganz innerhalb der Höhle, die durch Verwachsung der Ränder dieses gewaltigen Walles entstanden ist. (Vergl. Fig. 50—53, und Taf. III, Fig. 14.)

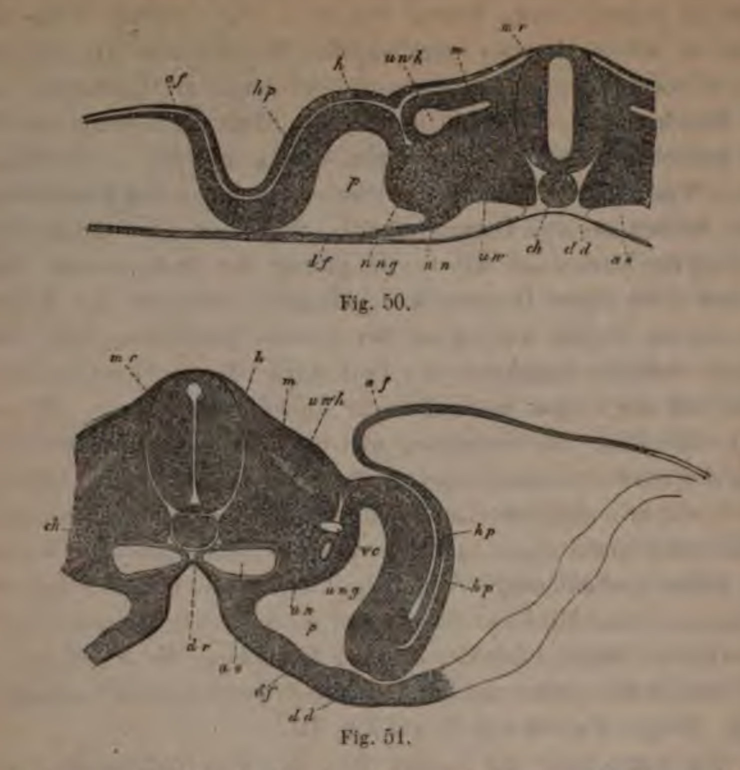
Indem in dieser Weise die beiden äusseren Schichten des Fruchthofes, das Hautsinnesblatt und das Hautfaserblatt, sich faltenförmig rings um den Embryo erheben und darüber zusammen wachsen, bilden sie schliesslich eine geräumige, sackförmige Hülle um denselben. Diese Hülle führt den Namen Fruchthaut oder Schafhaut, **Amnion** (Fig. 49 *am*). Der Embryo schwimmt in einer wässerigen Flüssigkeit, welche den Raum zwischen Embryo und Amnion ausfüllt und Amnion-Wasser oder **Fruchtwasser** genannt wird (Eig. 49, $_{4,5}$ *ah*). Später kommen wir auf die Bedeutung dieser merkwürdigen Bildung zurück. Zunächst ist sie für uns von keinem Interesse, weil sie in keiner directen Beziehung zur Körperbildung steht. Wir mussten sie aber vorläufig erwähnen, um zu verstehen, wie sich der Embryo des Säugethieres seine eigenthümlichen Hüllen und Anhänge bildet.

Unter diesen verschiedenen Anhängen, deren Bedeutung wir später erkennen werden, wollen wir vorläufig noch die Allantois und den Dottersack nennen. Die **Allantois** oder der **Harnsack** (Fig. 49, $_{3,4}$ *al*) ist eine birnförmige Blase, welche aus dem hintersten Theile des Darmcanales hervorwächst; ihr innerster Theil verwandelt sich späterhin in die Harnblase; ihr äusserster Theil bildet mit seinen Gefässen die Grundlage des Mutterkuchens oder der Placenta. Vor der Allantois hängt aus dem offenen Bauche des Embryo der **Dottersack**

oder die Nabelblase hervor (Fig. 49, 3, 4 *ds*), welcher nichts Anderes ist, als der Rest der ursprünglichen Keimblase (Fig. 49, 1 *kh*). Bei weiter entwickelten Embryonen, bei denen die Darmwand und die Bauchwand dem Verschluss nahe ist, hängt dieselbe als ein kleines gestieltes Bläschen aus der Nabelöffnung (Fig. 49, 4, 5 *ds*) hervor. Seine Wand besteht aus zwei Schichten: innen aus dem Darmdrüsenblatt, aussen aus dem Darmfaserblatt. Sie ist also eine directe Fortsetzung der Darmwand selbst. Je grösser der Embryo wird, desto kleiner wird dieser Dottersack. Anfänglich erscheint der Embryo nur als ein kleiner Anhang an der grossen Keimblase. Später hingegen erscheint umgekehrt der Dottersack oder der Rest der Keimblase nur als kleiner beutelförmiger Anhang des Embryo. Er verliert schliesslich alle Bedeutung und wird als Nahrungsmaterial von dem sich entwickelnden Embryo verbraucht. Die sehr weite Oeffnung, durch welche anfangs die Darmhöhle mit der Nabelblase communicirt, wird später immer enger und verschwindet endlich ganz. Der Nabel, die kleine grubenförmige Vertiefung, welche man beim entwickelten Menschen in der Mitte der Bauchwand vorfindet, ist diejenige Stelle, an welcher ursprünglich der Rest der Keimblase, die Nabelblase, in die Bauchhöhle eintrat und mit dem sich bildenden Darm zusammenhing. (Vergl. Fig. 14 und 15 auf Taf. III.)

Die Entstehung des Nabels fällt mit dem vollständigen Verschluss der äusseren Bauchwand zusammen. Die Bauchwand entsteht in ganz ähnlicher Weise, wie die Rückenwand. Beide werden wesentlich vom Hautfaserblatte gebildet und äusserlich von der Hornplatte, dem peripherischen Theile des Hautsinnesblattes, überzogen. Beide kommen dadurch zu Stande, dass sich das animale Keimblatt in ein doppeltes Rohr verwandelt: oben am Rücken den Wirbel-Canal, der das Markrohr umschliesst, unten am Bauche das Leibesrohr, welches im Coelom das Darmrohr enthält (Fig. 48, S. 208).

Wir wollen zuerst die Bildung der Rückenwand und dann die der Bauchwand betrachten (Fig. 50—53). In der Mitte der Rückenfläche des Embryo liegt ursprünglich, wie Sie wissen, unmittelbar unter der Hornplatte (*h*) das Markrohr (*mr*), welches sich von dessen mittlerem Theile abgeschnürt hat. Später aber wachsen die Urwirbelplatten (*uw*) von rechts und von links her zwischen diese beiden ursprünglich zusammenhängenden Theile hinein (Fig. 51, 52). Die oberen inneren Ränder beider Urwirbelplatten schieben sich zwischen



Hornplatte und Markrohr hinein, drängen beide auseinander und verwachsen schliesslich zwischen denselben in einer Naht, die der Mittel-

---

Fig. 50—53. Querschnitte durch Embryonen (von Hühnern). Fig. 50 vom zweiten, Fig. 51 vom dritten, Fig. 52 vom vierten und Fig. 53 vom fünften Tage der Bebrütung. Fig. 50—52 nach KOELLIKER, gegen 100 mal vergrössert; Fig. 53 nach REMAK, etwa 20mal vergrössert. *h* Hornplatte. *mr* Markrohr. *ung* Urnierengang. *un* Urnierenbläschen. *hp* Hautfaserblatt. *m* = *mu* = *mp* Muskelplatte. *uw* Urwirbelplatte (*wh* häutige Anlage des Wirbelkörpers, *wb* des Wirbelbogens, *wq* der Rippe oder des Querfortsatzes). *uwh* Urwirbelhöhle. *ch* Achsenstab oder Chorda. *sh* Chordascheide. *bh* Bauchwand. *g* hintere, *v* vordere Rückenmarks-Nervenwurzel. *a* = *af* = *am* Amnionfalte. *p* Leibeshöhle oder Coelom. *df* Darmfaserblatt. *ao* primitive Aorten. *sa* secundäre Aorta. *vc* Cardinal-Venen. *d* = *dd* Darmdrüsenblatt. *dr* Darmrinne. In Fig. 50 ist der grösste Theil der rechten Hälfte, in Fig. 51 der grösste Theil der linken Hälfte des Querschnittes weggelassen. Von dem Dottersack oder dem Rest der Keimblase ist unten nur ein kleines Stück Wand gezeichnet. (Vergl. die Querschnitte Taf. II, Fig. 3—6).



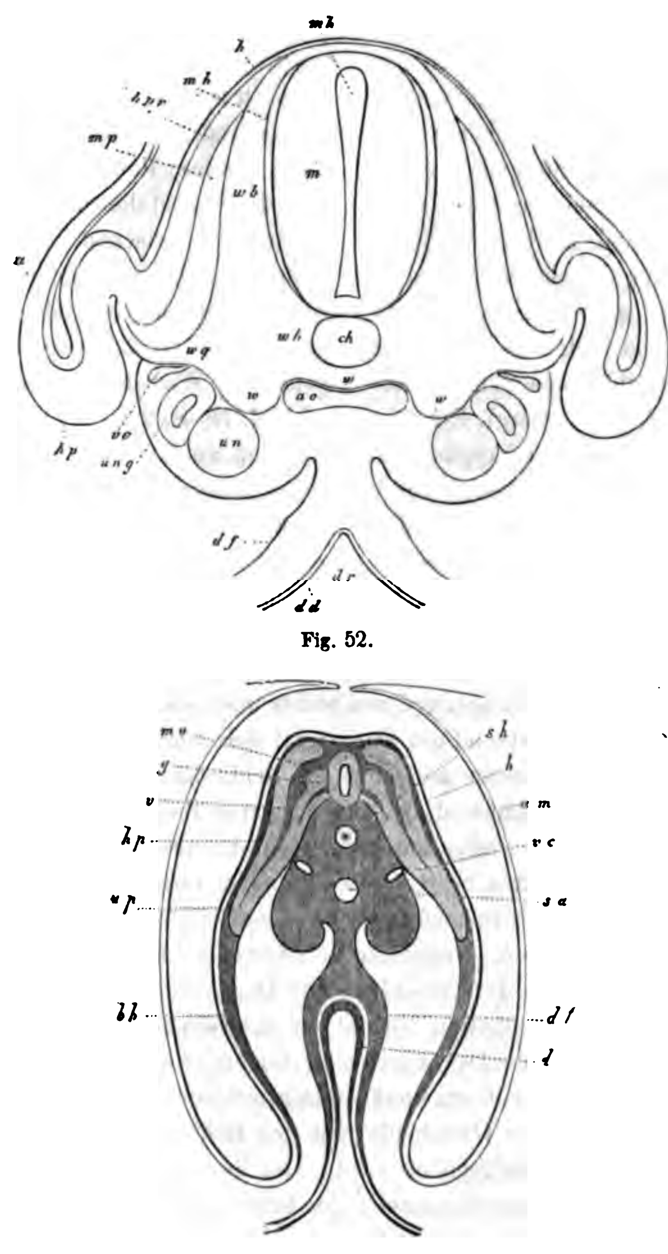


Fig. 52.

Fig. 53.

linie des Rückens entspricht. Der Verschluss erfolgt ganz nach Art des Markrohres, welches nunmehr ganz von diesem Wirbelrohr um-

schlossen wird. So entsteht die **Rückenwand**, und so kommt das Markrohr ganz nach innen zu liegen (Fig. 53).

In ganz entsprechender Weise wächst später die Urwirbelmasse unten rings um die Chorda dorsalis herum und bildet hier die Wirbelsäule. Hier unten spaltet sich der innere untere Rand der Urwirbelplatten jederseits in zwei Lamellen, von denen sich die obere zwischen Chorda und Markrohr, die untere hingegen zwischen Chorda und Darmrohr einschiebt. Indem sich beide Lamellen von beiden Seiten her über und unter der Chorda begegnen, umschliessen sie dieselbe völlig und bilden so die röhrenförmige, äussere **Chorda-Scheide**, die skeletbildende Schicht, aus welcher die Wirbelsäule hervorgeht (Fig. 52, 53). Vergl. Fig. 3—6 auf Taf. II, S. 219.

Ganz ähnliche Vorgänge wie hier oben am Rücken, bei Bildung der Rückenwand, treffen wir unten am Bauche bei Entstehung der **Bauchwand** an (Fig. 53 *bh*). Hier wachsen nämlich die Seitenplatten ganz auf dieselbe Weise rings um den Darm zusammen, wie der Darm selbst entstanden ist. Der äussere Theil der Seitenplatten bildet die Bauchwand oder die untere Leibeswand, indem an der inneren Seite der vorhin berührten Amnionfalte sich beide Seitenplatten stärker krümmen und von rechts und links her einander entgegenwachsen. Während der Darmcanal sich schliesst, erfolgt gleichzeitig von allen Seiten her auch die Schliessung der Leibeswand. Also auch die Bauchwand, welche die ganze Bauchhöhle unten umschliesst, entsteht wieder aus zwei Hälften, aus den beiden gegen einander gekrümmten Seitenplatten. Indem diese von allen Seiten her gegen einander zusammenwachsen und sich endlich in der Mitte im Nabel vereinigen, erfolgt der Verschluss der Leibeswand in derselben Weise, wie der Verschluss der Darmwand. Wir haben also eigentlich einen doppelten **Nabel** zu unterscheiden, einen inneren und einen äusseren. Der innere oder **Darmnabel** ist die definitive Verschlussstelle der Darmwand, durch welche die offene Communication zwischen der Darmhöhle und der Höhle der Keimblase oder des Dottersackes aufgehoben wird. Der äussere oder **Hautnabel** ist die definitive Verschlussstelle der Bauchwand, welche auch beim erwachsenen Menschen äusserlich als Grube sichtbar ist. Jedesmal sind zwei secundäre Keimblätter bei der Verwachsung betheiligt: bei der Darmwand das Darmdrüsenblatt und Darmfaserblatt, bei der Bauchwand das Hautfaserblatt und Hautsinnesblatt. Es geht also

die Darmwand als Ganzes eigentlich ebenso aus dem Entoderm hervor, wie die Bauchwand (und überhaupt die gesammte Leibeswand) aus dem Exoderm.

Wie Sie sehen, sind die Vorgänge bei der Bildung der Bauchwand und der Rückenwand ganz ähnlich. Auf der Rückenseite entsteht zuerst aus dem äusseren Keimblatte das Markrohr und über diesem wächst nachträglich von beiden Seiten her (aus den Urwirbeln) die Rückenwand zusammen; der Verschluss erfolgt in der Rücken-Mittellinie. Auf der Bauchseite entsteht ganz analog zuerst aus dem inneren Keimblatte das Darmrohr und über diesem wächst nachträglich von allen Seiten her (aus den Seitenplatten) die Bauchwand zusammen; der Verschluss erfolgt im Bauchmittelpunkte, im Nabel. Beide Male entstehen also zwei in einander geschachtelte Röhren: Oben das Markrohr, eingeschlossen im Wirbel-Canal der Rückenwand; unten das Darmrohr, eingeschlossen in der Leibeshöhle der Bauchwand.

Die Vorgänge, durch welche dergestalt aus der vierblätterigen Keimscheibe die doppelt-röhrenförmige Anlage des Wirbelthier-Körpers entsteht, sind also eigentlich, wie Sie sehen, sehr einfach. Aber sie sind trotzdem anfangs nicht leicht zu begreifen und schwer darzustellen. Ich bezweifele nicht, dass Ihnen sehr Vieles jetzt noch unklar geblieben sein wird, besonders da viele von Ihnen gar nicht mit anatomischen Form-Verhältnissen vertraut sein werden. Wenn Sie aber die später folgenden Entwickelungsstadien genau in Betracht ziehen werden, welche die bisher betrachteten erläutern, und wenn Sie namentlich die sämmtlichen, in Fig. 34, 43—48, 50—53, sowie auf Taf. II (S. 224) dargestellten Querschnitte des ausgebildeten Wirbelthierkörpers und des Urkeimes sorgfältig vergleichen, so müssen Ihnen, wie ich denke, die Grundzüge in der Ontogenese des Säugethier-Körpers klar werden. Die genaue und denkende Vergleichung der Querschnitte ist für dieses Verständniss überaus wichtig.

Gar keine Berücksichtigung haben bis jetzt die verschiedenen Abschnitte des Körpers gefunden, welche wir seiner Länge nach unterscheiden: Kopf, Hals, Brust, Unterleib, Schwanz u. s. w. Für diese ist die Betrachtung der Querschnitte nicht ausreichend, und werden wir daher jetzt zunächst die Gliederung des Säugethier-Körpers in der Längsaxe näher in Betracht zu ziehen haben.

Dritte Tabelle.

Uebersicht über die Entwickelung der Organ-Systeme des Menschen aus den Keimblättern. (Vergl. Taf. II und III.)

Primäres Keimblatt	Secundäres Keimblatt	Platte	Organe
A. **Aeusseres primäres Keimblatt: Hautblatt.** (Animales Keimblatt, BAER.) **Exoderma.** *Lamina dermalis.*	**a.** **Erstes secundäres Keimblatt. Hautsinnesblatt.** (Hautschicht, BAER.) *Lamina neurodermalis.*	**I. Hornplatte.** *Lamella ceratina.*	1. Oberhaut (*Epidermis*). 2. Oberhaut-Anhänge (Haare, Nägel). 3. Oberhaut-Drüsen (Schweissdrüsen, Talgdrüsen, Milchdrüsen).
		II. Markplatte. *Lamella nervea.*	4. Rückenmark / 5. Gehirn (Markrohr). 6. Sinnesorgane (Wesentlicher Theil).
		III. Nieren-Keimplatte. *Lamella urogenitalis.*	7. Urnieren (?) (vielleicht vom Hautfaserblatt??). 8. Geschlechtsdrüsen (? vielleicht vom Darmfaserblatt??).
	b. **Zweites secundäres Keimblatt. Hautfaserblatt.** Fleischschicht, BAER.) *Lamina inodermalis.*	**IV. Lederplatte.** *Lamella coriaria.*	9. Lederhaut (*Corium*) und Hautmuskelschicht?.
		V. Fleischplatte. *Lamella carnosa.*	10. Rumpfmuskelschicht (Seitenrumpfmuskeln u. s. w.). 11. Inneres Skelet (Chorda, Wirbelsäule u. s. w.). 12. Exocoelar? (Parietales Coelom-Epithel ??)
B. **Inneres primäres Keimblatt: Darmblatt.** (Vegetatives Keimblatt, BAER.) **Entoderma.** *Lamina gastralis.*	**c.** **Drittes secundäres Keimblatt. Darmfaserblatt.** Gefässschicht, BAER.) *Lamina inogastralis.*	**VI. Gefässplatte.** *Lamella vasculosa.*	13. Urblut (*Haemolymphe*). Erste Blutflüssigkeit. 14. Endocoelar? (Viscerales Coelom-Epithel ??) 15. Hauptblutgefässe (Herz, Urarterien, Urvenen). 16. Blutgefässdrüsen (Lymphdrüsen, Milz.
		VII. Gekrösplatte. *Lamella mesenterica.*	17. Gekröse (Mesenterium). 18. Darmmuskelwand und fasrige Darmhüllen.
	d. **Viertes secundäres Keimblatt. Darmdrüsenblatt.** Schleimschicht, BAER.) *Lamina mycogastralis.*	**VIII. Schleimplatte.** *Lamella mucosa.*	19. Darm-Epithelium. Innere Zellenauskleidung des Darmrohres. 20. Darmdrüsen-Epithelium. Innere Zellenauskleidung der Darmdrüsen.

Erklärung von Tafel II und III

(zwischen S. 224 und S. 225).

Die beiden Tafeln II und III sollen den Aufbau des menschlichen Körpers aus den Keimblättern theils ontogenetisch, theils phylogenetisch erläutern; Taf. II enthält nur schematische Querschnitte (durch die Pfeilaxe und die Queraxe); Taf. III enthält nur schematische Längsschnitte (durch die Pfeilaxe und die Längsaxe). Ueberall sind die vier secundären Keimblätter und ihre Producte durch dieselben vier Farben bezeichnet, und zwar: 1) das Hautsinnesblatt orange, 2) das Hautfaserblatt blau, 3) das Darmfaserblatt roth, und 4) das Darmdrüsenblatt grün. Die Buchstaben bedeuten überall dasselbe. Nur in Fig. 1 und 9 sind die beiden primären Keimblätter dargestellt und zwar das äussere oder Hautblatt orange, das innere oder Darmblatt grün. In allen Figuren ist die Rückenfläche des Körpers nach oben, die Bauchfläche nach unten gekehrt. Alle Organe, welche aus dem Hautblatt entstehen, sind mit blauen, alle Organe, welche aus dem Darmblatt entstehen, mit rothen Buchstaben bezeichnet.

Taf. II. Schematische Querschnitte.

Fig 1. Querschnitt durch die Gastrula (vergl. Fig. 9, Längsschnitt, und Fig. 28, S. 157). Der ganze Körper ist Darmrohr (*d*); die Wand desselben besteht nur aus den beiden primären Keimblättern.

Fig. 2. Querschnitt durch die Amphioxus-Larve, in dem frühen Stadium, in welchem der Leib bloss aus den vier secundären Keimblättern besteht. (Vergl. Fig. 38, S. 196.) Das Darmrohr (*d*), aus dem Darmblatt gebildet, ist durch die Leibeshöhle (*c*) von der Leibeswand getrennt, die vom Hautblatt gebildet wird.

Fig. 3. Querschnitt durch die Keimscheibe des höheren Wirbelthieres, mit der Anlage der ältesten Organe. (Vergl. den Querschnitt des Hühnchen-Keims vom zweiten Brütetage, Fig. 47, S. 205.) Das Markrohr (*m*) und die Urnieren (*u*) sind von der Hornplatte (*h*) abgeschnürt. Beiderseits der Chorda (*ch*) haben sich die Urwirbel (*uw*) und die Seitenblätter differenzirt. Zwischen dem Hautfaserblatte und dem Darmfaserblatte ist die erste Anlage der Leibeshöhle oder des Coeloms sichtbar (*c*); darunter die beiden primitiven Aorten (*t*).

Fig. 4. Querschnitt durch die Keimscheibe des höheren Wirbelthieres, etwas weiter entwickelt als Fig. 3. (Vergl. den Querschnitt des Hühnchenkeims vom dritten Brütetage, Fig. 50 und 51, S. 214.) Markrohr (*m*) und Chorda (*ch*) beginnen bereits von den Urwirbeln (*uw*) umschlossen zu

werden, in denen sich Muskelplatte, Skeletplatte und Nervenwurzeln sondern. Die Urnieren (*u*) sind durch die Lederplatte (*l*) schon vollständig von der Hornplatte (*h*) getrennt. *c* Leibeshöhle. *t* Aorten. Das Hautblatt erhebt sich rings um den Embryo als Amnionfalte (*am*); dadurch entsteht ein Hohlraum (*g*) zwischen Amnionfalte und Dottersack-Wand (*ds*).

Fig. 5. Querschnitt durch die Beckengegend und die Hinterbeine vom Embryo eines höheren Wirbelthieres. (Vergl. den Querschnitt eines Hühnchen-Keimes vom fünften Brütetage, Fig. 72.) Das Markrohr (*m*) ist bereits ganz von beiden Bogen-Hälften des Wirbels (*wb*) umschlossen, ebenso die Chorda und ihre Scheide von beiden Hälften des Wirbelkörpers (*wk*). Die Lederplatte (*l*) hat sich ganz von der Muskelplatte (*mp*) gesondert. Die Hornplatte (*h*) ist an der Spitze der Hinterbeine (*x*) stark verdickt. Die Urnieren (*u*) ragen bald in die Leibeshöhle (*c*) vor, und liegen ganz nahe dem Keim-Epithel oder der Anlage der Geschlechtsdrüsen (*k*). Das Darmrohr (*d*) ist durch ein Gekröse (*g*) unterhalb der Haupt-Aorta (*t*) und der beiden Cardinalvenen (*n*) an der Rückenfläche der Leibeswand befestigt. Unten ist mitten in der Bauchwand der Stiel der Allantois sichtbar (*al*).

Fig. 6. Querschnitt durch einen entwickelten Urfisch (oder ein anderes niederes Wirbelthier). Die Theile verhalten sich im Ganzen wie bei dem vorigen Querschnitte Fig. 5 und sind ebenso bezeichnet. Nur sind die Geschlechtsdrüsen (*k*) zu Eierstöcken entwickelt und die Urnieren (*u*) in Eileiter verwandelt, welche offen in die Leibeshöhle münden. Die beiden seitlichen Ausstülpungen (*lb*) des Darmrohres (*d*) deuten Darmdrüsen an (z. B. Lebern). Unter dem Darmrohr liegt in der Darmwand die Darmvene (*v*), über demselben die Aorta (*t*), noch weiter oben die beiden Cardinal-Venen (*n*).

Fig. 7. Querschnitt durch einen höheren Wurm (durch den Kopf eines Ringelwurms), um die wesentliche Uebereinstimmung desselben mit den Wirbelthieren in der Zusammensetzung des Körpers aus den vier secundären Keimblättern zu zeigen. Derselbe ist speciell mit dem schematischen Querschnitte des niederen Wirbelthieres Fig. 6 zu vergleichen. Das „Gehirn" oder der „obere Schlundknoten" (*m*) des Wurms entspricht durch seine Entwickelung und Lagerung dem Markrohr des Wirbelthieres. Aus dem Hautfaserblatte hat sich in gleicher Weise die Lederplatte (*l*) und die darunter gelegene Muskelplatte differenzirt. Letztere ist in eine äussere Rings- und eine innere Längs-Muskelschicht gesondert, und die Längsmuskeln sind in Rückenmuskeln (*r*) und Bauchmuskeln (*b*) zerfallen. Beide sind getrennt durch die Urnieren (*u*), welche beim Wurme „Schleifencanäle" heissen und von der Hornplatte (*h*) aus bis in die Leibeshöhle (*c*) sich erstrecken. Die Urnieren öffnen sich hier trichterförmig und führen die Eier aus, welche aus den Eierstöcken (*k*) in die Leibeshöhle fallen. Das Darmrohr (*d*) ist mit Drüsen (Leberschläuchen, *lb*) besetzt. Unterhalb desselben liegt das Bauchgefäss (die „Darmvene", *v*), oberhalb desselben das Rückengefäss (die „Aorta", *t*). Die Lagerung und Entstehung aller dieser Urorgane ist beim Menschen und bei jedem anderen Wirbelthiere durchaus dieselbe, wie beim Wurme. Der einzige wesentliche Unterschied besteht darin, dass sich beim Wirbelthiere zwischen Markrohr und Darmrohr die Chorda entwickelt, welche allen Würmern (mit einziger Ausnahme der Ascidien) völlig fehlt.

Fig. 8. Querschnitt durch den Brustkorb des Menschen. Das Markrohr (*m*) ist ganz von dem entwickelten Wirbel (*w*) ringförmig umschlossen. Von dem Wirbel geht rechts und links eine bogenförmige Rippe ab, welche die Brustwand stützt (*rp*). Unten auf der Bauchfläche liegt zwischen rechter und linker Rippe das Brustbein oder Sternum (*bb*). Aussen über den Rippen (und den Zwischenrippenmuskeln) liegt die äussere Haut, gebildet aus der Lederplatte (*l*) und der Hornplatte (*h*). Die Brusthöhle (oder der vordere Theil des Coeloms, *c*,) ist grösstentheils von den beiden Lungen (*lu*) eingenommen, in welchen sich baumförmig die Luftröhrenäste verzweigen. Diese münden alle zusammen in die unpaare Luftröhre (*lr*), welche weiter oben am Halse in die Speiseröhre (*sr*) einmündet. Zwischen Darmrohr und Wirbelsäule liegt die Aorta (*t*). Zwischen Luftröhre und Brustbein liegt das Herz, durch eine Scheidewand in zwei Hälften getrennt. Das linke Herz (*hl*) enthält nur arterielles, das rechte (*hr*) nur venöses Blut. Jede Herzhälfte zerfällt durch ein Klappenventil in eine Vorkammer und eine Kammer. Das Herz ist hier schematisch in der (phylogenetisch) ursprünglichen symmetrischen Lagerung (in der Mitte der Bauchseite) dargestellt. Beim entwickelten Menschen und Affen liegt das Herz unsymmetrisch und schief, mit der Spitze nach links.

Taf. III. Schematische Längsschnitte.

Fig. 9. Längsschnitt durch die Gastrula (vergl. Fig. 1, Querschnitt, und Fig. 28, S. 157). Die Darmhöhle (*d*) öffnet sich vorn durch die Mundöffnung (*o*). Die Darmwand, welche zugleich Körperwand ist, besteht bloss aus den beiden primären Keimblättern.

Fig. 10. Längsschnitt durch einen Urwurm (Prothelmis), dessen Körper bloss aus den vier secundären Keimblättern besteht. Das Darmrohr (*d*) ist noch so einfach wie bei der Gastrula (Fig. 9). Die Mundöffnung (*o*) ist noch zugleich Afteröffnung.

Fig. 11. Längsschnitt durch einen niederen Coelomaten-Wurm. Das Urhirn (*m*) oder der über dem Schlund gelegene erste Nervenknoten („Oberer Schlundknoten") hat sich von der Hornplatte (*h*) abgeschnürt. Das Darmrohr (*d*) hat ausser der vorderen Mundöffnung (*o*) eine zweite, hintere After- Oeffnung erhalten (*a*). Eine Hautdrüse hat sich zur Urniere (*u*) entwickelt und mündet in die Leibeshöhle (*c*), welche sich zwischen Hautfaserblatt und Darmfaserblatt gebildet hat.

Fig. 12. Längsschnitt durch einen ausgestorbenen Chorda-Wurm (Chordonium), welcher zu den gemeinsamen Stammformen der Wirbelthiere und der Ascidien gehörte. Das Urhirn (*m*) hat sich in ein verlängertes Markrohr ausgezogen. Zwischen Markrohr und Darmrohr (*d*) hat sich die Chorda (*ch*) entwickelt. Das Darmrohr hat sich in zwei verschiedene Abschnitte gesondert, einen vorderen Kiemendarm (mit drei Paar Kiemenspalten, *ks*), welcher zur Athmung dient, und einen hinteren Magendarm (mit einem Leberanhang, *lb*), welcher zur Verdauung dient. Vorn am Kopfende hat sich ein Sinnesorgan (*q*) entwickelt. Die Urniere (*u*) mündet in die Leibeshöhle (*c*).

Fig. 13. Längsschnitt durch einen Urfisch (Proselachius), einen nächsten Verwandten der heutigen Haifische und directen Vorfahren des Menschen.

(Die Flossen sind fortgelassen). Das Markrohr hat sich in die fünf primitiven Hirnblasen ($m_1 - m_5$) und in das Rückenmark (m_6) gesondert (vergl. Fig. 15 und 16). Das Gehirn ist vom Schädel (*s*), das Rückenmark vom Wirbelcanal umschlossen (über dem Rückenmark die Wirbelbogen, *wb*; unter demselben die Wirbelkörper, *wk*; unter letzteren ist der Ursprung der Rippen angedeutet). Vorn hat sich aus der Hornplatte ein Sinnesorgan (*q* — Nase oder Auge), hinten die Urniere (*u*) entwickelt. Das Darmrohr (*d*) hat sich in folgende hinter einander gelegene Theile gesondert: Mundhöhle (*mh*), Schlundhöhle mit sechs Paar Kiemenspalten (*ks*), Schwimmblase (= Lunge, *lu*), Speiseröhre (*sr*), Magen (*mg*), Leber (*lb*) mit der Gallenblase (*i*), Dünndarm (dd) und Mastdarm mit der Afteröffnung (*a*). Unter der Schlundhöhle liegt das Herz, mit Vorkammer (*hv*) und Herzkammer (*hk*).

Fig. 14. **Längsschnitt durch einen menschlichen Embryo** von drei Wochen, um das Verhalten des Darmrohrs zu den Anhängen zu zeigen. In der Mitte tritt aus dem Darmrohr der langgestielte Dottersack (oder die Nabelblase) hervor (*ds*); ebenso ragt hinten aus dem Darm die langgestielte Allantois hervor (*al*). Unter dem Vorderdarm ist das Herz (*hz*) sichtbar. Der Embryo liegt frei in der Amnionhöhle (*ah*). Das Amnion beginnt um den Stiel der Allantois und des Dottersackes herum die Scheide des Nabelstranges zu bilden.

Fig. 15. **Längsschnitt durch einen menschlichen Embryo** von fünf Wochen (vergl. Fig. 83). Das Amnion und die ganze Hautdecke der Bauchseite ist weggelassen. Das Markrohr hat sich in die fünf primitiven Hirnblasen (m_1—m_5) und das Rückenmark (m_6) gesondert (vergl. Fig. 13 und 16). Rings um das Gehirn ist der Schädel (*s*) angelegt; unter dem Rückenmark die Reihe der Wirbelkörper (*wk*). Das Darmrohr hat sich in folgende, hinter einander gelegene Abschnitte differenzirt: Schlundhöhle mit drei Paar Kiemenspalten (*ks*), Lunge (*lu*), Speiseröhre (*sr*), Magen (*mg*), Leber (*lb*), Dünndarmschlinge (*dd*), in welche der Dottersack (*ds*) einmündet, Allantois (*al*) und Mastdarm. Hinter dem Schlunde ist das grosse gebogene Herz sichtbar (*hz*).

Fig. 16. **Längsschnitt durch ein erwachsenes menschliches Weib.** Alle Theile sind vollständig entwickelt, um jedoch klar die Verhältnisse der Lagerung und der Beziehung zu den vier secundären Keimblättern darzustellen, schematisch reducirt und vereinfacht. Am Gehirn haben sich die fünf ursprünglichen Hirnblasen (Fig. 15 $m_1 - m_5$) in der nur den höheren Säugethieren eigenthümlichen Weise gesondert und umgebildet: m_1 Vorderhirn oder Grosshirn (alle übrigen vier Hirnblasen überwiegend und bedeckend); m_2 Zwischenhirn oder Sehhügel; m_3 Mittelhirn oder Vierhügel; m_4 Hinterhirn oder Kleinhirn; m_5 Nachhirn oder Nackenmark, übergehend in das Rückenmark (m_6). Das Gehirn ist vom Schädel (*s*), das Rückenmark vom Wirbelcanal umschlossen; über dem Rückenmark die Wirbelbogen und Dornfortsätze (*wb*), unter demselben die Wirbelkörper (*wk*). Die Wirbelsäule besteht aus 7 kleinen Halswirbeln, 12 Brustwirbeln (an denen die Rippenursprünge angedeutet sind), 5 grossen Lendenwirbeln, 5 in ein Stück verwachsenen Kreuzwirbeln (Kreuzbein) und 4—5 ganz kleinen Schwanzwirbeln (vergl. Fig. 82). Das Darmrohr hat sich in folgende hinter einander gelegene Theile gesondert: Mundhöhle,

Schlundhöhle (in der früher die Kiemenspalten, *ks*, sich befanden), Luftröhre (*lr*) mit Lunge (*lu*), Speiseröhre (*sr*), Magen (*mg*), Leber (*lb*) mit Gallenblase (*i*), Bauchspeicheldrüse oder Pancreas (*p*), Dünndarm (*dd*) und Dickdarm (*dc*), Mastdarm mit After (*a*). Die Leibeshöhle oder das Coelom (*c*) ist durch das Zwerchfell (*z*) in zwei völlig getrennte Höhlen zerfallen, in die Brusthöhle (c_1), in welcher vor den Lungen das Herz liegt (*hz*), und in die Bauchhöhle, in welcher die meisten Eingeweide liegen. Vor dem Mastdarm liegt die weibliche Scheide (*vg*), welche in den Fruchtbehälter führt (Uterus oder Gebärmutter, *f*); in diesem entwickelt sich der Embryo, hier angedeutet durch eine kleine Keimhautblase (*e*). Zwischen Fruchtbehälter und Schambein (*sb*) liegt die Harnblase (*hb*), der Rest des Allantois-Stieles. Die Hornplatte (*h*) überzieht den ganzen Körper als Oberhaut und kleidet auch die Mundhöhle, die Afterhöhle und die Höhle der Scheide und des Fruchtbehälters aus. Ebenso ist die Milchdrüse (die Brustdrüse oder Mamma, *md*) ursprünglich aus der Hornplatte gebildet.

Alphabetisches Verzeichniss

über die Bedeutung der Buchstaben auf Taf. II und III.

(*NB.* Das Hautsinnesblatt ist durch orange, das Hautfaserblatt durch blaue, das Darmfaserblatt durch rothe und das Darmdrüsenblatt durch grüne Farbe bezeichnet.)

a Afteröffnung (*anus*).
ah Amnionhöhle (Fruchtwasserblase).
al Allantois (Harnsack).
am Amnion (Schafhaut).
b Bauchmuskeln.
bb Brustbein (*sternum*).
c Leibeshöhle (*coeloma*).
c, Brusthöhle (*cavitas pleurae*).
c,, Bauchhöhle (*cavitas peritonei*).
ch Axenstab (*chorda*).
d Darmrohr (*tractus*).
dc Dickdarm (*colon*).
dd Dünndarm (*ileum*).
ds Dottersack (Nabelblase).
e Embryo oder Keim.
f Fruchtbehälter (*uterus*).
g Gekröse (*mesenterium*).
h Hornplatte (*ceratina*).
hb Harnblase (*vesica urinae*).
hk Herzkammer (*ventriculus*).
hl Linkes (arterielles) Herz.
hr Rechtes (venöses) Herz.
hv Herzvorkammer (*atrium*).
hz Herz (*cor*).
i Gallenblase (*vesica fellea*).
k Keimdrüsen (Geschlechtsdrüsen).
ks Kiemenspalten (Schlundspalten).
l Lederplatte (*corium*).
lb Leber (*hepar*).
lr Luftröhre (*trachea*).
lu Lunge (*pulmo*).
m Markrohr (*tubus medullaris*).
m_1—m_5 die fünf Hirnblasen.
m_1 Vorderhirn (Grosshirn).
m_2 Zwischenhirn (Sehhügel).
m_3 Mittelhirn (Vierhügel).
m_4 Hinterhirn (Kleinhirn).
m_5 Nachhirn (Nackenmark).
m_6 Rückenmark (*medulla spinalis*).
md Milchdrüse (*mamma*).
mg Magen (*stomachus*).
mh Mundhöhle.
mp Muskelplatte (*muscularis*).
n Cardinal-Venen.
o Mundöffnung (*osculum*).
p Bauchspeicheldrüse (*pancreas*).
q Sinnesorgane.
r Rückenmuskeln.
rp Rippen (*costae*).
s Schädel (*cranium*).
sb Schambein (*os pubis*).
sh Schlundhöhle (*pharynx*).
sr Speiseröhre (*oesophagus*).
t Aorta (Hauptarterie).
u Urniere (*pronephron*).
uw Urwirbel (*metameron*).
v Darmvene (Urvene).
vg Scheidencanal (*vagina*).
w Wirbel (*vertebra*).
wb Wirbelbogen.
wk Wirbelkörper
x Beine oder Gliedmaassen.
y Hohlraum zwischen Amnion und Dottersack.
z Zwerchfell (*diaphragma*).

Elfter Vortrag.

Die Gesammtbildung und Gliederung der Person.

„Für die Gesammtorganisation der Wirbelthiere ist das Auftreten eines inneren Skeletes in bestimmten Lagerungs-Beziehungen zu den übrigen Organ-Systemen, sowie die Gliederung des Körpers in gleichwerthige Abschnitte hervorzuheben. Diese Metamerenbildung äussert sich mehr oder minder deutlich an den meisten Organen, und durch ihre Ausdehnung auf das Axen-Skelet gliedert sich auch dieses allmählich in einzelne Abschnitte, die Wirbel. Diese sind aber nur als der theilweise Ausdruck einer Gesammtgliederung des Körpers anzusehen, die insofern wichtiger ist, als sie früher auftritt als am anfänglich ungegliederten Axen-Skelete. Sie kann daher als primitive oder Urwirbelbildung aufgefasst werden, an welche die Gliederung des Axen-Skelets als secundäre Wirbelbildung sich anschliesst."

Carl Gegenbaur (1870).

Inhalt des elften Vortrages.

Wiederholung der bisherigen Keimesgeschichte. Der menschliche Leib entwickelt sich in derselben Weise aus zwei primären und vier secundären Keimblättern, wie der Leib aller höheren Thiere. In der Axe der vierblättrigen Keimscheibe finden dieselben Verwachsungs-Processe und dieselbe Bildung der Chorda zwischen Markrohr und Darmrohr statt, wie bei allen anderen Wirbelthieren. Das Hautsinnesblatt bildet die Hornplatte, das Markrohr und die Urnieren. Das mittlere Blatt zerfällt in den centralen Axenstab, die beiden Urwirbelstränge und die beiden Seitenblätter. Letztere spalten sich in Hautfaserblatt und Darmfaserblatt. Das Darmdrüsenblatt bildet das Epithelium des Darmcanales und aller seiner Anhänge. Die ontogenetische und die phylogenetische Spaltung der Keimblätter. Die Bildung des Darmcanales. Die zweiblätterige, kugelige Keimblase ist der Urdarm. Kopfdarmhöhle und Beckendarmhöhle. Mundgrube und Aftergrube. Secundäre Bildung von Mund und After. Darmnabel und Hautnabel. Die Gliederung oder Metameren-Bildung des Körpers. Die Urwirbel (Rumpf-Glieder oder Metameren). Die Entstehung der Wirbelsäule. Bildung des Schädels aus den Kopfplatten. Kiemenspalten. Sinnesorgane. Gliedmaassen.

XI.

Meine Herren!

Obgleich die Vorgänge der Ontogenesis, mit denen wir uns bis jetzt beschäftigt haben, im Grunde sehr einfach sind, so bieten sie dennoch für das erste Verständniss vielfache Schwierigkeiten dar. Da sie zugleich von sehr grosser Bedeutung für das tiefere Verständniss der Entwickelungsgeschichte überhaupt und der phylogenetischen Bildung des menschlichen Körpers im Besonderen sind, so halte ich es für das Zweckmässigste, jetzt, bevor wir weiter gehen, noch einmal die Resultate unserer bisherigen Untersuchung kurz zusammenzufassen. Dabei wollen wir nur das Wesentliche und Primäre hervorheben, alle unwesentlichen und secundären Verhältnisse hingegen bei Seite schieben.

Der erste wesentliche Vorgang der menschlichen Keimesgeschichte ist die Entstehung der Keimscheibe aus der Eizelle. Aus der einfachen Eizelle bildet sich zunächst durch wiederholte Theilung die maulbeerförmige Zellenkugel (Morula) und aus dieser durch innere Aushöhlung die doppelblättrige Keimblase. An einer Stelle ihrer Wand entsteht durch deren Verdickung eine kreisrunde Scheibe, die Keimscheibe oder der Fruchthof. Dieser ist zunächst aus zwei Schichten von Zellen zusammengesetzt, aus dem Entoderm und Exoderm. Zwischen diesen beiden Zellenschichten, den beiden ursprünglichen oder primären Keimblättern, entwickelt sich ein drittes Keimblatt, das Mesoderm, und dieses zerfällt durch Spaltung abermals in zwei Blätter. Die Keimscheibe ist also nunmehr aus vier übereinanderliegenden Blättern zusammengesetzt und aus diesen vier secundären Keimblättern gehen beim Menschen, wie bei allen übrigen Wirbelthieren, sämmtliche Körpertheile hervor.

Diese ursprüngliche Keimblätterbildung, welche die erste Körperanlage darstellt, ist für die Stammesgeschichte des Menschen deshalb

von der grössten Bedeutung, weil sie bei allen höheren Thierstämmen in derselben Form wiederkehrt. Nur bei der niedrigsten Abtheilung des Thierreiches, bei den Urthieren oder Protozoen, fehlt dieselbe. Hier kommen überhaupt keine Keimblätter vor. Aber bei allen übrigen Thieren, bei den sämmtlichen Metazoen oder Darmthieren, wird die erste Anlage des Körpers aus denselben beiden primären Keimblättern gebildet, aus dem Entoderm und Exoderm. Bei den Schwämmen oder Spongien und bei anderen einfachsten Pflanzenthieren besteht der ganze Körper zeitlebens bloss aus diesen beiden einfachen Keimblättern. Bei anderen Pflanzenthieren (Hydroiden, Medusen) ist derselbe bereits aus drei Blättern zusammengesetzt, indem zwischen jenen beiden ein drittes, ein Mesoderm, sich entwickelt hat. Endlich treffen wir bei den höheren Pflanzenthieren und bei den Würmern Thiere an, deren Körper sich aus vier Keimblättern aufbaut, und diese vier secundären Keimblätter sind dieselben, welche den Körper aller Wirbelthiere, und den des Menschen im Besonderen bilden. Dieselben vier Keimblätter finden wir aber nicht allein bei den Würmern und Wirbelthieren, sondern auch bei den Sternthieren, Weichthieren und Gliederthieren, kurz bei allen höheren Thieren wieder. Mithin ist der Aufbau des zusammengesetzten höheren Thierkörpers aus vier Keimblättern eine der wichtigsten und fundamentalsten Thatsachen. Wir können sie durch das biogenetische Grundgesetz unmittelbar verwerthen und darauf hin eine gemeinsame Abstammung aller höheren Thiere von einer gemeinsamen Stammform behaupten, deren Körper in der einfachsten Weise aus vier Keimblättern bestand. (Taf. III, Fig. 10.)

Ein charakteristischer Unterschied der Wirbelthiere von den Wirbellosen scheint darin zu bestehen, dass schon sehr frühzeitig bei jenen in dem mittleren Axentheile des Körpers beträchtliche Verwachsungen zwischen den vier Keimblättern stattfinden. Die Geschichte dieser Concrescenz-Processe ist zwar noch sehr unklar, aber sehr wichtig. Sie scheinen von dem Primitivstreifen, von der Mittellinie, durch welche der länglich runde Urkeim oder die sohlenförmige Embryonalanlage in eine rechte und linke Seitenhälfte zerfällt, ihren Ausgang zu nehmen. Hier, wo sich bald in dem äusseren Keimblatte das Markrohr, in dem mittleren der Axenstab sondert, in dieser Axenlinie scheinen bei vielen Wirbelthieren schon die beiden primären Keimblätter frühzeitig zu verwachsen und einen Austausch

ihrer zelligen Bestandtheile einzugehen. Nach den gewöhnlichen Angaben soll hingegen zuerst das mittlere Keimblatt durch Abspaltung aus dem inneren entstehen und dann erst eine Verwachsung zwischen mittlerem und äusserem Blatte in der Mittellinie stattfinden. Noch andere behaupten endlich, dass alle drei Keimblätter der Wirbelthiere schon frühzeitig in der Axenlinie mit einander verwachsen. Sicher ist, dass sie hier später fest zusammenhängen, und sicher ist die bedeutungsvolle Thatsache, dass das scheinbar einfache mittlere Blatt (das motorisch-germinative Blatt von Remak) aus Zellen von beiden primären Blättern, dem inneren und äusseren sich zusammensetzt. Diese eigenthümliche Verwachsung der Keimblätter in der Mittellinie oder Längsaxe, welche wir kurz als „Axenlöthung" bezeichnen wollen, ist für die typische Ausbildung des Wirbelthier-Körpers von grosser Bedeutung. Sie hängt mit vielen eigenthümlichen Sonderungs-Vorgängen im Axentheile des Körpers zusammen und ist in erster Linie phylogenetisch durch die Ausbildung des inneren Axen-Skelets bedingt, welches den übrigen Körpertheilen als fester Anhalt dient. (Vergl. Fig. 43, 44; S. 201.)

Als erster Ausdruck dieser wichtigen Axenlöthung erscheint in der Mittellinie des sohlenförmigen Urkeimes der Primitivstreifen, welcher die beiden symmetrischen Antimeren oder Gegenstücke (die rechte und die linke Körperhälfte) von einander sondert. Dieser feine Längsstreifen ist zugleich der Ausdruck der Primitivrinne, jener feinen gradlinigen Furche, welche in der äusseren Rückenfläche der Embryonal-Anlage unmittelbar über der Verwachsungslinie der Keimblätter erscheint. Die Primitivrinne ist der tiefste Theil der breiten Rückenfurche oder Markfurche, welche nunmehr in der nach aussen gewendeten, gewölbten Rückenfläche des Urkeimes sich ausbildet. Beiderseits der Primitivrinne verdickt sich das mittlere und das äussere Keimblatt sehr bedeutend und es erhebt sich rechts und links von derselben eine beträchtliche Zellenmasse in Form einer Leiste. Die beiden parallelen Leisten wachsen empor, krümmen sich mit ihren oberen Rändern gegen einander und verwachsen schliesslich oben in der Mittellinie zur Bildung eines Rohres. Dieses Rohr ist das Markrohr; es hängt anfänglich noch mit der Hornplatte, dem peripherischen Theil des äusseren Keimblattes, zusammen, schnürt sich aber später ganz davon ab. Indem sich die höchst gelegenen Theile des mittleren Keimblattes (die obersten Ränder der beiden

Urwirbelstränge) von rechts und links her zwischen die Oberhaut und das Markrohr einschieben, kommt das letztere immer tiefer nach innen zu liegen. So wird das Seelenorgan von seiner Ursprungsstätte, der äusseren Oberhaut, nach innen verlegt. Wie ich schon bemerkte, ist dieser merkwürdige Process eine Thatsache, die uns vom Standpunkte der Descendenz-Theorie als nothwendig erscheinen wird, während sie anfänglich wunderbar und paradox aussieht.

Fast gleichzeitig mit dem Medullar-Rohr schnüren sich von dem äusseren oder animalen Keimblatte wahrscheinlich auch die Urnieren ab, die anfangs ganz einfachen röhrenförmigen Canäle, welche beiderseits des Markrohrs und diesem parallel von vorn nach hinten laufen und als Harn-Organe fungiren. Sie liegen zuerst unmittelbar an der Innenfläche der Oberhaut, in der Lücke zwischen Urwirbelstrang und Seitenplatten; später werden sie ganz nach innen gedrängt, und finden sich dann tief unten, beiderseits der Chorda, an der inneren Rückenwand der Leibeshöhle. Der Rest des äusseren Keimblattes, der nach Abschnürung des Markrohres und der Urnieren übrig bleibt, ist die Hornplatte, welche die äussere Oberhaut, Haare, Nägel u. s. w. bildet.

Während dieser Sonderungs-Processe im äusseren Keimblatte geht im mittleren Keimblatte ebenfalls eine Scheidung des centralen Axentheiles und der peripherischen Seitentheile vor sich. Der unmittelbar unter dem Markrohr gelegene mittlere Theil desselben wird zum Axenstab oder der Chorda dorsalis. Die daran stossenden Seitentheile, die beiden Seitenplatten oder richtiger Seitenblätter, zeigen schon frühzeitig (was sehr wichtig ist) eine Spaltung in ihrer Fläche. Diese Spaltung ist die erste Anlage der Leibeshöhle oder des Coeloms, durch welche das mittlere Keimblatt in die beiden Faserblätter zerfällt. Alsbald tritt in diesen eine noch weitere Scheidung ein, indem jederseits der Chorda sich zwei starke Leisten oder Wülste, die Urwirbelstränge, von den Seitenplatten im engeren Sinne trennen. Die Urwirbel und die Chorda dorsalis zusammen bilden nachher die feste innere Grundlage des Wirbelthierkörpers, die Wirbelsäule oder das Rückgrat, einen der wichtigstem Theile des Rumpfes, an welchem die Extremitäten oder Gliedmassen erst später als Anhänge von untergeordneter Bedeutung erscheinen. Dieses Axen-Skelet, das Rückgrat, gehört zu denjenigen Theilen, welche für den Wirbelthierkörper am meisten charakte-

ristisch sind und die weitere Entwickelung desselben grösstentheils bedingen. Uebrigens wird bloss der innere (mediale) Theile der Urwirbelstränge zur Bildung der Wirbelsäule verwendet. Der äussere (laterale) Theile bildet die Fleischmasse des Rückens, die Wurzeln der Rückenmarksnerven u. s. w. Seitlich nach aussen von den Urwirbelsträngen liegen die Seitenplatten im engeren Sinne, welche nur eine Zeitlang von den letzteren getrennt sind und später wieder mit ihnen verwachsen. Sie spalten sich in das äussere Hautfaserblatt und in das innere Darmfaserblatt. Das Hautfaserblatt, die äussere Lamelle des mittleren Keimblattes legt sich an die Epidermis oder Oberhaut an und zerfällt in mehrere Schichten. Die äusserste Schicht bildet die Lederhaut oder das Corium. Die darunter gelegene Schicht verwächst mit dem äusseren Theile der Urwirbelstränge und bildet mit diesem vereinigt die Hauptmuskelmasse des Körpers, das Fleisch des Bauches und des Rückens, überhaupt die Muskulatur des Stammes. Später wachsen aus dem Hautfaserblatt die Gliedmaassen hervor.

Das Darmfaserblatt auf der anderen Seite legt sich an das innere Keimblatt oder das Darmdrüsenblatt an, und bildet die muskulöse, faserige Umhüllung des Darmcanals, sowie das Gekröse, durch welches dieser an dem Axenstabe befestigt ist. Ferner entstehen aus dem Darmfaserblatte auch das Herz, das Blut und überhaupt die ersten Anlagen des Blutgefäss-Systems. Dieses tritt auf in Gestalt der primitiven Aorten, welche als zwei lange Canäle in der Lücke zwischen den Urwirbelsträngen, den Seitenplatten und dem Darmdrüsenblatte verlaufen. Nach aussen von ihnen erscheinen später die beiden Cardinal-Venen. Zu dem Blutgefäss-Systeme ist eigentlich auch die Leibeshöhle oder das Coelom zu rechnen, die Spaltungslücke, welche zwischen Darmfaserblatt und Hautfaserblatt entsteht, später sehr geräumig wird und den grössten Theil der Eingeweide umschliesst.

Aus dem innersten oder vierten Keimblatte, aus dem Darmdrüsenblatte, entsteht, wie Sie bereits wissen, weiter Nichts, als das Darm-Epithelium, die innere zellige Auskleidung des Darmcanals und aller seiner Anhänge, Leber, Lunge, Darmdrüsen u. s. w.

Dies sind die ältesten, zuerst angelegten Theile des Wirbelthierkörpers. Beim Menschen, wie bei den Wirbelthieren überhaupt, entstehen alle anderen Theile erst nachträglich. In der ursprüng-

lichen Bildung ist noch Nichts von ihnen zu sehen. Wenn Sie nun den bedeutungsvollen Querschnitt Fig. 54, auf welchen sich diese zuerst angelegten Primitiv-Organe in ihrer gegenseitigen Lagerung klar zeigen, nochmals aufmerksam betrachten, und wenn Sie sich dabei der wichtigen Beziehungen erinnern, welche wir zwischen der Phylogenese der vier secundären Keimblätter und ihrer von Remak zuerst dargestellten gefälschten Ontogenese nachgewiesen haben (S. 195), so ergiebt sich folgendes Verhältniss:

Phylogenetische Spaltung der Keimblätter.		Primitiv-Organe. (Fig. 54.)	Ontogenetische Spaltung der Keimblätter.
A. Aeusseres primäres Keimblatt: **Hautblatt.** (Dermalblatt oder Exoderm.)	I. Secundäres Keimblatt: **Hautsinnesblatt.**	1. Hornplatte *(h)*. 2. Markplatte *(mr)*. 3. Urniere *(ung)*.	A. Oberes oder **sensorielles** Blatt, Remak.
	II. Secundäres Keimblatt: **Hautfaserblatt.**	4. Chorda *(ch)*. 5. Urwirbelplatte *(uw)*. 6. Hautmuskelplatte *(hpl)*.	B. Mittleres oder **motorisch-germinatives** Blatt, Remak.
B. Inneres primäres Keimblatt: **Darmblatt.** (Gastralblatt oder Entoderm.)	III. Secundäres Keimblatt: **Darmfaserblatt.**	7. Coelomspalte *(sp)*. 8. Darmmuskelplatte *(df)*. 9. Uraorta *(ao)*.	
	IV. Secundäres Keimblatt: **Darmdrüsenblatt.**	10. Darmdrüsen-Epithelium *(dd)*.	C. Unteres oder **trophisches** Blatt, Remak.

Die klare Unterscheidung dieser zehn wichtigsten Primitiv-Organe und ihres Ursprunges aus den vier secundären Keimblättern ist von der grössten Wichtigkeit. Insbesondere müssen Sie sich dabei stets erinnern, dass das sogenannte „mittlere Keimblatt" (oder Remak's „motorisch-germinatives Blatt") in Folge der „Axenlöthung" aus zwei ursprünglich verschiedenen secundären Keimblättern zusammengesetzt ist, aus dem Hautfaserblatte, welches vom äussern, und aus dem Darmfaserblatte, welches vom inneren primären Keimblatte abstammt. Der wichtige Querschnitt der Amphioxus-Larve (Fig. 55) beweist das unwiderleglich, und lehrt uns, dass die vier secundären Keimblätter bei den Wirbelthieren gerade ebenso wie bei den höhe-



Fig. 54.

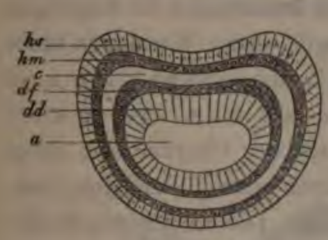


Fig. 55.

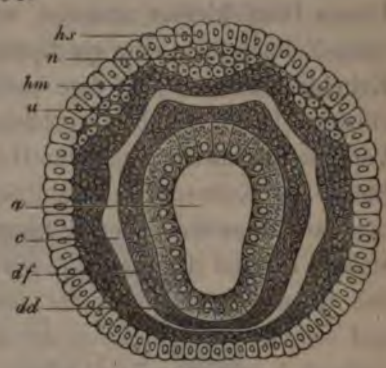


Fig. 56.

ren wirbellosen Thieren (z. B. beim Regenwurm, Fig. 56) aus der Spaltung beider primärer Keimblätter entstanden sind.

Um nun die weitere Entwickelung des Wirbelthier-Körpers aus diesen einfachen Primitiv-Organen richtig zu verstehen, kommt es

---

Fig. 54. Querschnitt durch den Urkeim (von einem Hühnchen am zweiten Brütetage), ungefähr 100mal vergrössert. Im äusseren Keimblatte hat sich das Markrohr (*mr*) von der Hornplatte (*h*) abgeschnürt. Im mittleren Keimblatte ist die axiale Chorda (*ch*) ganz von den beiden Urwirbelsträngen (*uw*) getrennt. Die Seitenblätter haben sich in das äussere Hautfaserblatt (*hpl*) und in das innere Darmfaserblatt (*df*) gespalten, die durch die Mittelplatten (*mp*) innen noch zusammenhängen. *sp* Anlage der Leibeshöhle. In der Lücke zwischen Urwirbelsträngen und Seitenblättern ist aussen jederseits die Urniere (*ung*), innen hingegen die Urarterie (*ao*) angelegt. Nach Kölliker.

Fig. 55. Querschnitt durch die Larve von Amphioxus (nach Kowalevsky). *hs* Hautsinnesblatt. *hm* Hautfaserblatt. *c* Coelomspalte (Leibeshöhlen-Anlage). *df* Darmfaserblatt. *dd* Darmdrüsenblatt. *a* Urdarm (Primitive Darmhöhle).

Fig. 56. Querschnitt durch den Embryo eines Regenwurmes. Buchstaben wie in Fig. 55. *n* Nervenknoten. *u* Urniere.

vor Allem darauf an, sich eine klare und richtige Vorstellung von der Bildung des Darmcanals zu verschaffen. Denn der Urdarm ist nach unserer Gastraea-Theorie[13]) das älteste und wichtigste Organ des Thierkörpers. Um nun diese klare Vorstellung von der Bildung des Darmcanals und der damit verbundenen Theile zu gewinnen, müssen Sie vor Allem die wichtige Umbildung des innersten Keimblattes scharf ins Auge fassen, des Darmdrüsenblattes. Dieses Blatt kleidet zunächst, wie Sie sich erinnern, als eine einfache Zellenschicht oder ein Epithelium die Innenfläche der kugeligen Keimblase aus. Es ist eine einfache Kugel, deren Wand aus einer einzigen Lage von lauter gleichartigen Zellen besteht. Die erste Veränderung dieses kugeligen Gebildes besteht darin, dass an einer Stelle der Keimscheibe, unmittelbar unter der Chorda, also unter der Axe des entstehenden Körpers, eine furchenartige Vertiefung entsteht. Das ist die primitive Darmrinne. Dieselbe wird allmählich immer tiefer und tiefer, gestaltet sich zu einem Canale um, und schnürt sich ganz von der Keimblase ab, von welcher sie ursprünglich nur einen Theil bildete. Ursprünglich ist die ganze Keimblase gewissermaassen Darmhöhle. Die doppelblätterige Keimblase ist die ontogenetische Wiederholung der phylogenetischen Entwickelungs-Form, welche wir Gastraea nennen, und bei welcher der ganze Thierkörper Darm ist. Wir können daher die Keimblase auch als Urdarm bezeichnen. Von diesem Urdarm schnürt sich der spätere bleibende Darm dadurch ab, dass die Darmrinne sich in einen Canal, das Darmrohr, verwandelt. Das Darmrohr wird auf ähnliche Weise aus der Darmrinne gebildet, wie aus der Rückenfurche das Rückenmarkrohr entsteht. Die Rinne wird immer tiefer; ihre Ränder wachsen nach unten gegen einander, und wo sie zusammentreffen, verwachsen sie in einer Naht. Der Unterschied jedoch, der zwischen der Bildung des Darmrohres und des Markrohres sich findet, wurde von uns dahin bestimmt, dass das Markrohr gleichmässig in seiner ganzen Länge sich schliesst, während das Darmrohr mehr concentrisch verwächst; nicht allein von beiden Rändern her, sondern auch von vorn und von hinten her kommt seine Wandung zum Verschluss.

Mit diesem concentrischen Verschluss des Darmrohres hängt die Bildung von zwei Höhlen zusammen, welche wir Kopfdarmhöhle und Beckendarmhöhle nennen. Indem der Embryo, der anfangs

ganz flach in der Wand der Keimblase liegt, sich von der letzteren allmählich abschnürt, wird zuerst das vordere und das hintere Ende selbstständig, während der mittlere Theil der Bauchfläche mit der Keimblase verbunden bleibt. Dabei tritt die Rückenfläche des Körpers stark gewölbt hervor; das Kopfende hingegen krümmt sich nach unten gegen die Brust und ebenso hinten das Schwanzende gegen den Bauch. Der Embryo strebt gleichsam sich zusammenzurollen, wie ein Igel, der sich zum Schutze gegen seine Verfolger zusammenkugelt. Diese starke Rückenkrümmung ist durch das raschere Wachsthum der Rückenfläche bedingt und hängt unmittelbar mit der Abschnürung des Embryo von der Keimblase zusammen (Fig. 57).



Fig. 57.

Am Kopfe tritt überhaupt keine Trennung des Hautfaserblattes von dem Darmfaserblatte ein, wie es am Rumpfe der Fall ist, vielmehr bleiben beide als sogenannte „Kopfplatten" verbunden. Indem nun diese Kopfplatten sich schon frühzeitig ganz von der Fläche des Fruchthofes ablösen, und zuerst nach unten gegen die Oberfläche der Keimblase, dann nach hinten hin gegen deren Uebergang in die

---

Fig. 57. Längsschnitt durch den Embryo eines Hühnchens (vom fünften Tage der Bebrütung). Embryo mit gekrümmter Rückenfläche (schwarz). *d* Darm. *o* Mund. *a* After. *l* Lunge. *h* Leber. *g* Gekröse. *v* Herzvorkammer. *k* Herzkammer. *b* Arterienbogen. *t* Aorta. *c* Dottersack. *m* Dottergang. *u* Allantois. *r* Stiel der Allantois. *n* Amnion. *w* Amnionhöhle. *s* Seröse Hülle. (Nach BAER.)

Darmrinne wachsen, entsteht inwendig im Kopftheile eine kleine Höhle, welche den vordersten, blind geschlossenen Theil des Darmes darstellt. Das ist die kleine Kopfdarmhöhle (Fig. 58 links von *d*), deren Mündung in den Mitteldarm die „vordere Darmpforte" heisst (Fig. 58 *d*). In ganz analoger Weise krümmt sich hinten das Schwanzende gegen die Bauchseite nach vorn um; die Darmwand umschliesst dann hinten eine ganz ähnliche kleine Höhle, deren hinterstes Ende blind geschlossen ist, die Beckendarmhöhle. Ihre Mündung in den Mitteldarm heisst die „hintere Darmpforte".



Fig. 58.

Der Embryo erlangt in Folge dieser Vorgänge eine Gestalt, welche man mit einem Holzpantoffel oder noch besser mit einem umgekehrten Kahne vergleicht. Stellen Sie sich einen Kahn oder eine Barke vor, deren beide Enden abgerundet und vorn und hinten mit einem kleinen Verdeck versehen sind, und drehen Sie diesen Kahn um, so dass der gewölbte Kiel nach oben steht, so bekommen Sie ein anschauliches Bild von dieser „Kahnform" des Säugethier-Embryo (Fig. 57 *e*). Der nach oben gewendete convexe Kiel entspricht der Mittellinie des Rückens; die kleine Kammer unter dem Vorderdeck stellt die Kopfdarmhöhle, die kleine Kammer unter dem Hinterdeck die Beckendarmhöhle dar.

Fig. 58. Längsschnitt durch die vordere Hälfte eines Hühner-Embryo vom Ende des ersten Brütetages (von der linken Seite gesehen). *k* Kopfplatten. *ch* Chorda. Oberhalb derselben das blinde vordere Ende des Markrohres *m*; unterhalb derselben die Kopfdarmhöhle, das blinde vordere Ende des Darmrohres. *d* Darmdrüsenblatt. *df* Darmfaserblatt. *h* Hornplatte. *hh* Herzhöhle. *hk* Herzkappe. *ks* Kopfscheide. *kk* Kopfkappe. (Nach Remak.)

Mit den beiden freien Enden drückt sich nun der Embryo gewissermaassen in die äussere Fläche der Keimblase hinein, während er mit dem mittleren Theile sich aus derselben heraushebt. So kommt es, dass nachher die Keimblase nur als ein beutelförmiger Anhang erscheint, der aus dem mittleren Theile des Körpers heraushängt. Dieser Anhang, der dann immer kleiner wird, heisst später Dottersack oder Nabelblase. (Vergl. Fig. 49,4, 5, *ds*, und Taf. III, Fig. 14.) Die Höhle dieses Dottersackes oder die Höhle der Keimblase communicirt mit der entstehenden Darmhöhle durch eine engere Verbindungs-Oeffnung, welche sich später zu einem engen langen Canale auszieht, dem Dottergang. Wenn wir uns also in die Höhle des Dottersackes hineindenken, so können wir von da aus durch den Dottergang (Fig. 57 *m*) unmittelbar in den mittleren, noch weit offenen Theil des Darmcanals hineingelangen. Gehen wir von da aus nach vorn in den Kopftheil des Embryo hinein, so gelangen wir in die Kopfdarmhöhle, deren vorderes Ende blind geschlossen ist. Gehen wir umgekehrt von der Mitte des Darms nach hinten in den Schwanztheil hinein, so kommen wir in die Beckendarmhöhle, deren hinteres Ende blind geschlossen ist (Fig. 49,3, S. 210). Die erste Anlage des Darmrohrs besteht also jetzt eigentlich schon aus drei verschiedenen Abschnitten: 1) der Kopfdarmhöhle, welche sich nach hinten (durch die vordere Darmpforte) in den Mitteldarm öffnet; 2) der Mitteldarmhöhle, welche sich nach unten (durch den Dottergang) in den Dottersack öffnet; und 3) der Beckendarmhöhle, welche sich nach vorn (durch die hintere Darmpforte) in den Mitteldarm öffnet,

Sie werden nun fragen: ,,Wo ist Mund- und Afteröffnung''? Anfangs sind diese noch gar nicht vorhanden. Die ganze primitive Darmhöhle ist vollständig geschlossen und hängt nur in der Mitte durch den Dottergang mit der ebenfalls gechlossenen Höhlung der Keimhautblase znsammen (Fig, 49, 3). Die beiden späteren Oeffnungen des Darmcanals, die Afteröffnung ebenso wie die Mundöffnung, bilden sich erst secundär, von aussen und zwar von der äusseren Haut her. Es entsteht nämlich in der Hornplatte, an der Stelle, wo später der Mund liegt, eine grubenförmige Vertiefung von aussen her, welche immer tiefer und tiefer wird und dem blinden Vorderende der Kopfdarmhöhle entgegenwächst: das ist die Mundgrube. Ebenso entsteht hinten in der äusseren Haut, an der Stelle, wo sich später der After befindet, eine grubenförmige Vertiefung, welche

immer tiefer wird und dem blinden Vorderende der Beckendarmhöhle entgegenwächst: die Aftergrube. Zuletzt berühren diese Gruben mit ihren innersten, tiefsten Theilen die beiden blinden Enden des primitiven Darmcanals, so dass sie nur noch durch eine dünne häutige Scheidewand von ihnen getrennt sind. Endlich erfolgt eine Durchbrechung dieser dünnen Haut, und nunmehr öffnet sich das Darmrohr vorn durch die Mundöffnung, wie hinten durch die Afteröffnung nach aussen (Fig. 49, 4, S. 210). Anfangs haben wir also, wenn wir von aussen in diese Gruben eindringen, wirklich eine Scheidewand vor uns, welche die Gruben von der Höhlung des Darmcanales trennt, und erst später wird dieselbe durchbrochen. Mund- und Afteröffnung bilden sich erst secundär.

Der Rest der Keimblase, den wir als Nabelblase oder Dottersack bezeichnet haben, wird mit der Ausbildung des Darmes immer kleiner und hängt zuletzt nur noch wie ein kleines Beutelchen an einem dünnen Stiele, welcher der Dottergang ist, aus der Mitte des Darmes heraus (Fig. 49, 5, *ds*, S. 210). Dieser Dottergang besitzt keine bleibende Bedeutung und wird späterhin gleich dem Dottersack selbst völlig rückgebildet und aufgezehrt. Sein Inhalt wird in den Darm aufgenommen, und endlich erfolgt an dieser Stelle der völlige Verschluss des Darmes. (Vergl. den XII. Vortrag und Taf. III, Fig 14, 15.)

In ganz derselben Weise, in welcher sich das vegetative Keimblatt zum Darmrohr umbildet, entsteht aus dem animalen Keimblatt die äussere Bauchwand, welche die ganze Leibeshöhle und mit derselben den Darm umschliesst. Sie bildet sich aus dem äusseren Theile der Seitenplatten. Wie schon bemerkt, verwachsen die Seitenplatten, welche eine Zeitlang von den Urwirbelsträngen getrennt waren, später mit denselben wieder. Während nun in der eben beschriebenen Weise der innere Theil der Seitenplatten (zum Darmfaserblatte gehörig) die äusere Darmwand bildet, wächst der äussere Theil derselben (zum Hautfaserblatte gehörig) rings um den Darm herum und bewirkt so den Verschluss der Leibeshöhle oder des Coeloms (Fig. 59 *c*). Von allen Seiten her wachsen die Ränder der Bauchplatten (*b*), wie dieser Theil der Seitenplatten genannt wird, gegen einander und verengern immer mehr die spaltförmige Bauchöffnung, aus welcher der Dottersack hervorhängt. Schliesslich wird der letztere bei den Säugethieren durch den Verschluss der Bauchplatten vollständig vom Darme abgeschnürt, während er bei

den Vögeln in den Darm aufgenommen wird. Die letzte Stelle, an welcher hier die Bauchwand sich schliesst, der letzte Verwachsungs-



Fig. 59.

punkt, ist der Bauchnabel, der äusserlich sichtbare Hautnabel, den wir gewöhnlich kurzweg Nabel nennen. Er ist wohl zu unterscheiden von dem inneren Darmnabel, in welchem der Schluss des Darmcanals folgt, und von welchem später keine Spur zu finden ist.

Mit dem Verschluss des Darmrohres und der Bauchwand ist die Doppelröhren-Form des Wirbelthier-Körpers (Fig. 59) vollendet, und somit haben wir jetzt die Aufgabe gelöst, von welcher wir zunächst ausgingen, das Doppelrohr aus der vierblätterigen Keimscheibe abzuleiten. (Vergl. nochmals die Querschnitte auf Taf. II.)

Ein paar Worte müssen wir noch über die Veränderungen hin-

Fig. 59. **Drei schematische Querschnitte durch den Urkeim** des höheren Wirbelthieres, um die Entstehung der röhrenförmigen Organ-Anlagen aus den gekrümmten Keimblättern zu zeigen. In Fig. *A* sind Markrohr (*n*) und Darmrohr (*a*) noch offene Rinnen; die Urnieren (*u*) sind noch einfache Hautdrüsen. In Fig. *B* ist das Markrohr (*n*) und die Rückenwand bereits geschlossen, während das Darmrohr (*a*) und die Bauchwand noch offen sind; die Urnieren sind abgeschnürt. In Fig. *C* ist sowohl oben das Markrohr und die Rückenwand, als unten das Darmrohr und die Bauchwand geschlossen. Aus allen offenen Rinnen sind geschlossene Röhren geworden; die Urnieren sind nach innen gewandert. Die Buchstaben bedeuten in allen drei Figuren dasselbe: *h* Hautsinnesblatt. *n* Markrohr oder Medullarrohr. *u* Urnieren. *x* Axenstab. *s* Wirbel-Anlage. *r* Rückenwand. *b* Bauchwand. *c* Leibeshöhle oder Coelom. *f* Darmfaserblatt. *t* Urarterie (Aorta). *v* Urvene (Darmvene). *d* Darmdrüsenblatt. *a* Darmrohr. (Vergl Taf. II und III.)

zufügen, welche während dieser Processe an den Urnieren und den Blutgefässen vor sich gehen. Die Urnieren, welche anfangs ganz oberflächlich unter der Oberhaut liegen (Fig 54 *ung*), rücken bald in Folge besonderer Wachsthumsverhältnisse tief nach innen (Fig. 50, 51 *ung*, S. 214); sie liegen zuletzt sehr tief inwendig, unterhalb der Chorda dorsalis (Fig. 52 *un*, S. 215). Ebenso rücken die beiden primitiven Aorten nach innen unter die Chorda und verschmelzen hier schliesslich zur Bildung einer einzigen secundären Aorta, welche unter der Wirbelsäulen-Anlage sich befindet (vergl. Fig. 50—53 *ao*, S. 214, 215). Auch die Cardinal-Venen, die ersten venösen Blutgefäss-Anlagen, rücken weiter nach innen hinein und liegen später unmittelbar über den Urnieren (Fig. 52 *vc*). Ebendaselbst, und zwar an der inneren Seite der Urnieren, wird bald die erste Anlage der Geschlechtsorgane sichtbar. Der wichtigste Theil dieses Apparates (abgesehen von allen Anhängen) ist beim Weibe der Eierstock, beim Manne der Testikel oder Hoden. Beide scheinen ursprünglich in Form einer einfachen Zwitterdrüse angelegt zu werden, die aus einem kleinen Theile des Coelom-Epithels, der Zellenbekleidung der Leibeshöhle, hervorgeht. Erst secundär scheint diese zwitterige Keimdrüse in Verbindung mit den Urnierengängen zu treten, welche in ihrer nächsten Nähe liegen und sich in höchst wichtige Beziehungen zu ihr setzen. (Vergl. Taf. II, Fig. 5—7.)

Die angeführten Vorgänge, durch welche aus der vierblätterigen Keimscheibe der menschliche Leib entsteht, enthalten das Wichtigste, was vorläufig darüber zu sagen ist. Ich hoffe, dass es Ihnen möglich sein wird, durch aufmerksame Vergleichung der Querschnitte (Fig 43—53) diese Vorgänge zu verstehen, die das Bedeutungsvollste und zugleich das Schwierigste in der ganzen Ontogenese sind. Wir haben jetzt die Grundlage für den ganzen Körper sowohl, wie für seine wesentlichsten Organe gewonnen. Die weiteren Erscheinungen der Ontogenesis sind leichter zu verstehen und beruhen meistens auf secundären Processen, welche phylogenetisch als Folgen verwickelter Anpassungen und nicht als von den ursprünglichen Wirbelthierformen vererbte Bildungsverhältnisse anzusehen sind.

Wir verlassen nun jetzt die Querschnitte des Wirbelthier-Körpers, deren vergleichende Betrachtung für uns so ausserordentlich lehrreich und wichtig geworden ist, und durch welche wir das schwierigste Problem der Keimesgeschichte, nämlich den Antheil der

Keimblätter an der Körperbildung gelöst haben. Statt dessen wollen wir jetzt die embryonale Anlage des Säugethier-Leibes in der Längsansicht, theils von der Oberfläche, theils in verschiedenen Längsschnitten untersuchen.

Zunächst lassen Sie uns in der Flächenansicht, und zwar von



Fig. 60.



Fig. 61.

Fig. 60. **Urkeim des Menschen von Gestalt einer Schuhsohle**, aus der zweiten Woche der Entwickelung, ungefähr 40mal vergrössert. In der Mitte ist die Rückenfurche sichtbar.

Fig. 61. **Urkeim des Hühnchens** vom Ende des ersten Brütetages, von der Rückenseite betrachtet, ungefähr 15mal vergrössert. (Nach Remak.) In der Mitte des schuhsohlenförmigen oder leierförmigen Embryo sind 6 Urwirbel (6 Paar würfelförmige Urwirbelhälften) sichtbar (*uw*). Das Markrohr ist nur im vorderen Drittel geschlossen (von *o*—*x*); vorn schwillt es in die blasenförmige Gehirn-Anlage an (*hb*), die bei *o* offen ist; in den beiden hinteren Dritteln (von *x* an) ist die Rückenfurche noch weit offen, bei z sehr stark erweitert. Beiderseits der Rückenfurche erheben sich die Rückenwülste der Markplatte (*mp*). Bei *y* ist die Grenze zwischen der Schlundhöhle (*sh*) und dem Kopfdarm (*vd*).



Fig. 62.



Fig. 63.

der Rückenseite her, jene einfachste Form der Embryonal-Anlage betrachten, welche wir kurz als den sohlenförmigen Urkeim bezeichneten (Fig. 60, 62). In der Mittellinie seiner Rückenfläche wurde zuerst die Primitivrinne sichtbar, und über dieser entwickelte sich aus den Rückenwülsten das Markrohr. Wenn wir dessen weitere Umbildung nun verfolgen, so nehmen wir schon sehr frühzeitig einen Unterschied in der Bildung des hinteren und vorderen Körperendes wahr. Am vorderen Ende nämlich beginnt sehr früh, ganz ebenso beim Menschen wie bei allen höheren Wirbelthieren, aus dem Markrohr sich das Gehirn zu sondern oder zu differenziren. Dasselbe ist in seiner ersten Anlage weiter nichts als eine blasenförmige Auftreibung des Markrohres von rundlicher Gestalt (Fig. 61 *hb*,

Fig. 62—65. Keimscheibe des Kaninchens (kreisrunder Fruchthof und sohlenförmige oder leierförmige Keimanlage), von der Rückenfläche gesehen, in vier auf einander folgenden Stadien der Entwickelung, ungefähr 10mal vergrössert. (Nach Bischoff.) In Fig. 62 ist der Embryo (*b*) noch ohne Urwirbel, mit offener Rückenfurche (*a*), von einem schmalen, hellen Fruchthof (*c*) umgeben, in der Mitte des dunkeln Fruchthofes (*d*). In Fig. 63 zeigt der Embryo bereits 7 Urwirbel (*c*), eine geschlossene Rückenfurche und die erste Anlage des Gehirns (*a*), eine Hirnblase, hinter der sich eine zweite zu bilden beginnt (*b*); der helle Fruchthof ist nur noch vorn (als dunkle Sichel auf dem schwarzen Grunde) sichtbar. In Fig. 64 besitzt der Embryo bereits 8 Urwirbel und 3 Hirnblasen; die erste Hirnblase (*b*) zeigt 2

Fig. 63 *a*). Sehr rasch aber zerfällt diese Blase durch zwei ringförmige quere Einschnürungen in drei hinter einander gelegene Blasen, die sogenannten primitiven Hirnblasen (Fig. 64 *bde*). Es folgen nachträglich noch zwei quere Einschnürungen rings herum, und so finden wir nunmehr fünf Hirnblasen in einer Reihe hinter einander. So verhält sich die Entwickelung des Gehirnes bei allen Wirbelthieren, von den einfachsten Fischen bis zum Menschen hinauf. Bei allen finden wir das Gehirn in seiner ersten Anlage als eine einfache Blase, die später durch quere Einschnürungen in fünf kleinere Blasen zerfällt. So verschieden sich später das Gehirn als das Organ der Seelen- und Geistesthätigkeiten bei den verschiedenen Wirbelthieren aus-



Fig. 64.



Fig. 65.

seitliche Ausbuchtungen, die ersten Anlagen der Augenblasen (*c*); die zweite (*d*) und dritte (*e*) Hirnblase sind viel kleiner; *a* deutet den Rand der Kopfscheide des Amnion an. In Fig. 65 zeigt der Embryo 10 Urwirbel; im Fruchthofe schimmern die ersten Spuren des Blutgefässnetzes durch, dessen Begrenzung die Vena terminalis (*a*) bildet; *b* Schwanzscheide, *bb* Kopfscheide des Amnion; die Falten an letzterer deuten die seröse Hülle an.

bildet, so einfach und gleichartig ist überall die erste Anlage desselben. Das ist eine höchst wichtige Thatsache!

Unmittelbar unter dem Markrohr fanden wir in dem sohlenförmigen Urkeim den Axenstab oder die Chorda. Rechts und links vom Axenstab hatten sich die beiden parallelen Urwirbelstränge von den Seitenplatten abgespalten. Während nun am vordersten Ende des Markrohres die fünf Hirnblasen sich abgliedern, zerfallen auch die beiden Urwirbelstränge in der Mitte des Urkeims in eine Anzahl hinter einander gelegener Stückchen, die wie kleine Würfel beiderseits des Markrohres erscheinen. Zuerst treten gewöhnlich zwei Paar gleichzeitig auf. Dann erscheinen drei, vier, fünf Paar, und endlich eine grössere Anzahl solcher Stücke, welche man Urwirbel-Paare oder „Metameren" nennt. In Fig. 63 sind sieben, in Fig. 64 acht und in Fig. 65 zehn Urwirbel sichtbar. Ihre Anzahl nimmt später beträchtlich zu und steigt beim Menschen auf einige Dreissig. Wie wir nachher sehen werden, bildet sich immer aus jedem Paar solcher Urwirbel-Segmente ein individueller Abschnitt des Rumpfes oder ein Metamer. Es ist jedes Urwirbel-Paar nicht etwa, wie der Name anzudeuten scheint, bloss die Grundlage eines späteren Wirbels, sondern es entwickelt sich aus demselben ausser dem Wirbel auch noch die dazu gehörige Muskel-Partie, ferner ein paar Nervenwurzeln u. s. w. Nur aus dem innersten Theile der Urwirbel, der der Chorda am nächsten liegt, entsteht die Anlage der gegliederten Wirbelsäule, die aus einzelnen knöchernen Wirbelringen zusammengesetzt ist, vom Schädel bis zum Schwanz herab. Aus dem äusseren Theile derselben entstehen Muskeln, Nervenwurzeln u. s. w.[47]).

Der Zerfall der Urwirbelstränge in die Doppelkette der einzelnen Urwirbel-Segmente oder kurz gesagt: „die Metameren-Bildung" ist deshalb von der grössten Bedeutung, weil damit der Körper des Wirbelthieres aus dem ursprünglichen ungegliederten in den bleibenden gegliederten Zustand übergeht. Das ausgebildete Wirbelthier ist ganz ebenso aus einer Kette hinter einander gelegener, gleichartiger Theile zusammengesetzt, wie es bei den Gliederthieren der Fall ist. Bei diesen letzteren, bei den Krebsen, Spinnen, Tausendfüssen und Insecten, spricht sich diese Gliederung äusserlich sehr scharf aus, indem die Haut zwischen je zwei Gliedern oder Metameren ringförmig eingeschnürt oder eingekerbt ist; daher der Name „Kerbthiere". Bei den Wirbelthieren ist die Gliederung des Körpers nicht minder

scharf, als bei den Gliederthieren; aber sie tritt hier nicht äusserlich hervor, während sie innerlich ganz durchgreifend ist. **Auch jedes Wirbelthier ist im ausgebildeten Zustande eine gegliederte Person.** Seine Persönlichkeit ist eine Kette von Gliedern, **Metameren** oder Rumpf-Segmenten. In derselben Weise, in welcher sich die Gliederthiere und die äusserlich gegliederten Würmer aus einem ungegliederten Zustande entwickelt haben, in derselben Weise ist auch das innerlich gegliederte Wirbelthier aus einem ursprünglich ungegliederten Zustande hervorgegangen. Wir werden das lebende Schattenbild dieses Zustandes demnächst in den Ascidien, merkwürdigen ungegliederten Wurmformen, näher kennen lernen. (Vergl. den XIII. und XIV. Vortrag; Taf. VII und VIII.)

Ich wiederhole, dieser Vorgang der Gliederung oder Metameren-Bildung ist von der grössten Bedeutung für das Verständniss jedes höheren Thier-Körpers, nicht allein in morphologischer, sondern auch in physiologischer Beziehung. Diese Gliederung ist eine der wichtigsten Bedingungen der Vervollkommnung; sie ist eine der Hauptursachen der zusammengesetzten Leistungen des höheren Thier-Körpers. Niemals kann ein ungegliedertes Thier eine solche Stufe der Vollkommenheit in Form sowohl wie in Leistung erreichen, als ein gegliedertes Thier. Das ist ganz einfach. Diese Glieder oder Metameren sind in gewissem Sinne selbstständige **Individuen**. Durch Arbeitstheilung entwickeln sich diese ursprünglich gleichartigen Individuen ebenso zu den verschiedenen Theilen des zusammengesetzten Personen-Körpers, wie die embryonalen Zellen durch Arbeitstheilung zu den verschiedenen Geweben sich gestalten. Der gegliederte Thier-Körper ist zu vergleichen einem Eisenbahnzuge, in welchem die einzelnen durch Gelenke verbundenen Wagen die Metameren darstellen. Die Locomotive ist der Kopf dieses gegliederten Organismus. Dann folgen die verschiedenen Kohlenwagen, Postwagen, Packwagen, Personenwagen, Viehwagen u. s. w. Jeder einzelne Wagen ist ein morphologisches Individuum, und doch stellt die ganze Kette nur ein einziges physiologisches Individuum, den Eisenbahnzug, dar. Wie nun hier die verschiedenen Functionen auf die verschiedenen Wagen-Arten vertheilt sind (Functionen, welche jeder einzelne Wagen nicht alle zugleich übernehmen kann), ebenso ist auch die Arbeitstheilung zwischen den Rumpf-Metameren im gegliederten Thierkörper als ein wesentlicher Fortschritt zu betrachten[48].

Die beste Aufklärung über das Wesen der Metamerenbildung geben uns die gegliederten Würmer, namentlich die Bandwürmer und die Ringelwürmer. Bei diesen Thieren sind die Glieder oder Metameren, welche den geringelten Leib zusammensetzen, alle von ganz gleicher Bildung und gleichem Formwerthe. Nur das erste Glied, der Kopf, erscheint anders gebildet und mehr oder weniger differenzirt. Bei vielen Bandwürmern sind die einzelnen Glieder so selbstständig, dass viele Zoologen jedes einzelne Metamer als ein individuelles Thier und die ganze Kette von Gliedern als eine Colonie von Thieren auffassen. Das ist auch in einem gewissen Sinne ganz richtig, insofern nämlich das einzelne Metamer ein Individuum niederer Stufe, die aus vielen Metameren zusammengesetzte Kette aber ein Individuum höherer Stufe ist. Je mehr nun aber die einzelnen Glieder ihre Selbstthätigkeit aufgeben, je mehr sie in Folge von Arbeitstheilung sich differenziren, von einander und vom Ganzen abhängig werden, je mehr der ganze Körper sich centralisirt, desto vollkommener wird der ganze einheitliche Organismus. Bei den meisten Gliederthieren und bei allen Wirbelthieren ist die Centralisation so weit fortgeschritten, dass die einzelnen Metameren für sich allein keine Bedeutung mehr haben und nur als nothwendige Bestandtheile der ganzen Kette in Betracht kommen.

Wenn wir uns nun bei den Würmern nach der Entstehung der Metameren-Kette umsehen, so finden wir, dass dieselbe durch wiederholte ungeschlechtliche Zeugungs-Processe, und zwar durch die sogenannte endständige oder terminale Knospenbildung aus einem ursprünglich ungegliederten Wurmkörper entsteht, der den Werth eines einzigen Metameres besitzt. So ist der Bandwurm-Embryo zuerst bloss Kopf und an diesem Kopfe, der nur den Werth eines einzigen Metameres hat, entsteht durch wiederholte Knospung immer ein Metamer nach dem anderen; alle aber bleiben im Zusammenhang. Ebenso treibt auch bei den Ringelwürmern der ursprünglich ungegliederte Körper an seinem hinteren Ende zahlreiche Knospen, und so entsteht die lange gegliederte Kette. Das ist das Wesen dieses Processes, welcher allerdings in der Ontogenese der Gliederthiere und der Wirbelthiere sehr zusammengedrängt und secundär modificirt erscheint. Ursprünglich ist aber jedes Wirbelthier eine solche Metameren-Kette, durch terminale Knospung aus einem ungegliederten Keim entstanden[49].

Aus dieser Entstehungsweise der Metameren können Sie bereits errathen, dass die zuerst gebildeten Urwirbel die vordersten sein müssen. Das ist in der That der Fall. Die zuerst erscheinenden Urwirbel, welche ungefähr in der Mitte des Urkeimes liegen, sind der erste und zweite Halswirbel. Nach diesen treten dann der dritte, der vierte Halswirbel auf u. s. w. Jedes Urwirbel-Segment erzeugt alsbald wieder durch Knospung an seinem hinteren Ende ein neues Metamer und so fort. Der ganze vielgliedrige Körper wächst also in der Richtung von vorn nach hinten. So entsteht zuletzt die gegliederte Wirbelsäule des Menschen (Fig. 66, 67), welche derselbe mit allen höheren Wirbelthieren theilt. Sie besteht beim entwickelten Menschen aus dem Schädel und aus einer Kette von 33—34 verschiedenen Wirbeln, nämlich: 7 Halswirbeln, 12 Brustwirbeln (an denen die Rippen sitzen), 5 Lendenwirbeln, 5 Kreuzwirbeln (die in das Becken eingefügt sind) und 4—5 Schwanzwirbeln. Jedem Wirbel entspricht ein zugehöriger Abschnitt des Nervensystems, des Muskelsystems, des Gefässsystems u. s. w.

Aus der Entstehung der Urwirbel oder Metameren folgt nun weiter, dass fast die ganze vordere Hälfte des sohlenförmigen Urkeimes (Fig. 61, 64) dem späteren Kopfe entsprechen muss. Die sieben Urwirbel, welche das dritte Viertel seiner Länge einnehmen, bilden den Hals, und der ganze übrige Körper entsteht also nur aus dem vierten und letzten Viertel. Dieses Verhältniss wird Ihnen anfangs befremdlich erscheinen, erklärt sich aber ganz einfach phylogenetisch durch jene terminale Knospenbildung. Der Kopf des Wirbelthieres muss demnach ursprünglich phylogenetisch als der älteste Körpertheil angesehen werden, als eine Gruppe von wenigen (6—10) innig verschmolzenen Metameren, welche durch fortgesetzte Knospung am hinteren Ende den übrigen Körper erzeugt haben. Der Schwanz umgekehrt ist der jüngste Theil. (Vergl. S. 578—585.)

Wie schon bemerkt, trifft die Gliederung eigentlich den ganzen Wirbelthierkörper, wenn auch die Haut äusserlich ungegliedert erscheint. Die Urwirbel-Stücke sind daher viel mehr, als bloss Anlagen der späteren Wirbelknochen; sie sind wahre Metameren oder Rumpf-Glieder. Ursprünglich erscheint jeder Urwirbel als ein fast würfelförmiger, solider, rundlich-sechseckiger Körper, der aus lauter Zellen zusammengesetzt ist. Diese Zellen sind sämmtlich Abkömmlinge des Hautfaserblattes. Schon sehr frühzeitig erscheint im In-

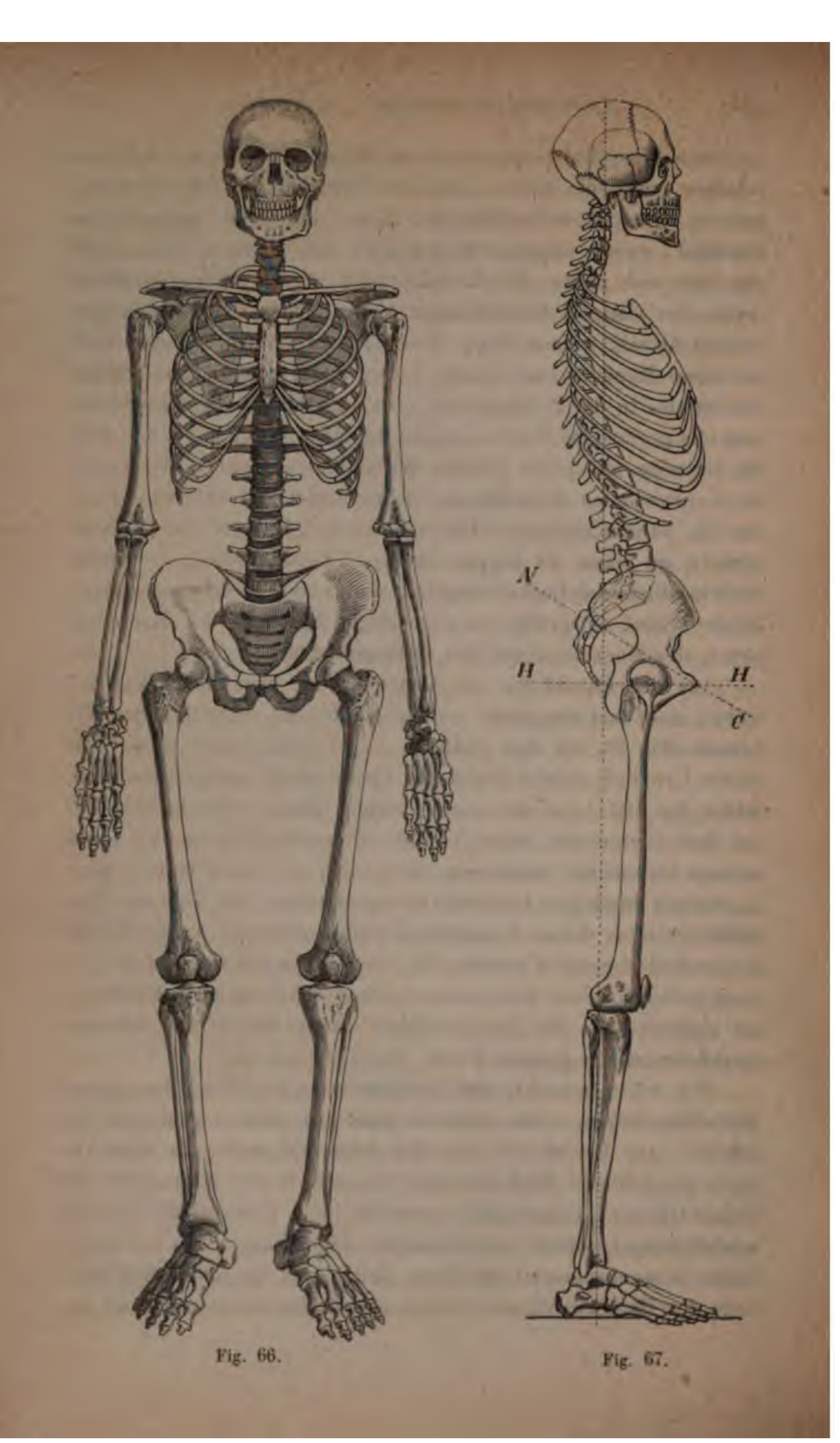


Fig. 66.

Fig. 67.

neren jedes soliden Urwirbels eine kleine Höhle, die aber bald wieder verschwindet. Diese „Urwirbelhöhle" (Fig. 50, 51 *uwh*, S. 214) ist nur insofern von Bedeutung, als sie eine innere Spaltung des Urwirbels in zwei ganz verschiedene Stücke andeutet: eine innere skeletbildende Partie, die Skeletplatte (Fig. 50, 51 *uw*, Fig. 68 *wb*) und eine äussere, fleischbildende Partie, die Muskelplatte (Fig. 50, 51 *m*; Fig. 68 *mp*.)

Die Skeletplatte wird durch die gesammte innere Hälfte

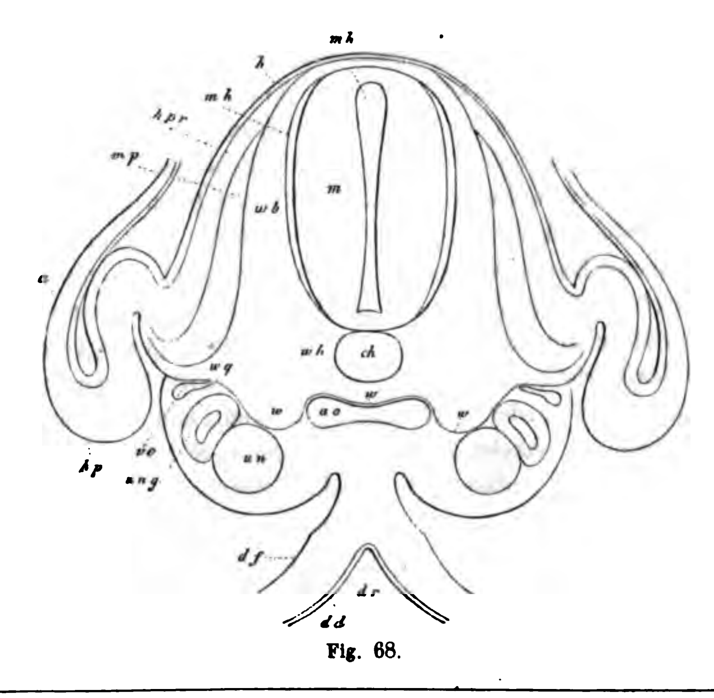


Fig. 68.

Fig. 66. Das Skelet des Menschen von vorn.

Fig. 67. Das Skelet des Menschen von der rechten Seite (die Arme sind entfernt). (Fig. 66 und 67 nach H. MEYER.)

Fig. 68. Querschnitt durch den Embryo eines Hühnchens vom vierten Brütetage, etwa 100mal vergrössert. Die Urwirbel haben sich in die äussere Muskelplatte (*mp*) und die innere Skeletplatte gespalten. Letztere beginnt unten als Wirbelkörper (*wh*) die Chorda (*ch*), oben als Wirbelbogen (*wb*) das Markrohr (*m*) zu umfassen, dessen Höhle (*mh*) schon sehr eng ist. Bei *wq* setzt sich der Urwirbel in die Hautmuskelplatte der Bauchwand (*hp*) fort. *hpr* Lederplatte der Rückenwand. *h* Hornplatte. *a* Amnion. *ung* Urnierengang. *un* Urharncanälchen. *ao* Urarterie. *vc* Cardinal-Vene. *df* Darmfaserblatt. *dd* Darmdrüsenblatt. *dr* Darmrinne.

jedes Urwirbels gebildet, die unmittelbar am Markrohr anliegt (Fig. 68 *wh*, *wb*). Ihr unterer Theil (die innere untere Kante des würfelförmigen Urwirbels, Fig. 50 *uw*) spaltet sich in zwei Lamellen, welche die Chorda umwachsen und so die Grundlage der Wirbelkörper bilden (Fig. 68 *wh*). Die obere Lamelle dringt zwischen Chorda und Markrohr, die untere zwischen Chorda und Darmrohr ein (Fig. 59 *C*,*s*, S. 239). Indem nun von rechts und links her die entgegenkommenden Lamellen von zwei gegenüber liegenden Urwirbelstücken sich vereinigen, entsteht eine ringförmige Scheide um dieses Chorda-Stück (Fig. 68 *wh*). Daraus wird später ein Wirbelkörper, d. h. die massive untere oder Bauchhälfte des Knochenringes, welcher als „Wirbel" im eigentlichen Sinne das Markrohr umgiebt (Vergl. Fig. 164—170, S. 573—580). Die obere oder Rückenhälfte dieses Knochenringes, der Wirbelbogen (Fig. 68 *wb*) entsteht in ganz ähnlicher Weise aus dem oberen Theile der Skelet-Platte, d. h. also aus der inneren oberen Kante des würfelförmigen Urwirbels. Indem von rechts und links her die inneren oberen Kanten zweier gegenüberstehender Urwirbel über dem Markrohr zusammenwachsen, erfolgt der Verschluss des Wirbelbogens. Zwischen je zwei Wirbelbogen entstehen später die Wurzeln der Rückenmarks-Nerven, und zwar aus demselben Theile der Skelet-Platte (Fig. 52, *g*, *v*, S. 215).

Der ganze secundäre Wirbel, der solchergestalt aus der Verwachsung der Skeletplatten von einem Paar Urwirbelstücken entsteht und in seinem Körper ein Chorda-Stück umschliesst, besteht anfangs aus einer ziemlich weichen Zellenmasse, welche später in ein festeres, zweites, knorpeliges Stadium, und endlich in ein drittes, bleibendes, knöchernes Stadium übergeht. Diese drei verschiedenen Stadien sind überhaupt am grössten Theile des Skelets der höheren Wirbelthiere zu unterscheiden: zuerst sind die meisten Skelettheile ganz zart, weich und häutig; dann werden sie später im Laufe der Entwickelung knorpelig und endlich verknöchern sie.

Alle die knöchernen Wirbel, welche später das Rückgrat oder die Wirbelsäule zusammensetzen, bilden sich, wie vorher bemerkt, bloss aus dem inneren Theile der Urwirbel, aus der „Skeletplatte". Hingegen liefert ihr äusserer Theil, den wir die „Muskelplatte" nannten (Fig. 68 *mp*), die Hauptmasse der Rückenmuskeln (die dorsalen „Seitenrumpfmuskeln") und ausserdem die Lederhaut, welche das Fleisch des Rückens bedeckt. Diese Muskelplatte steht unmit-

telbar im Zusammenhang mit demjenigen Theile der Seitenplatten, welcher sich zur Bauchhaut und den Bauchmuskeln entwickelt.

Vorn am Kopftheile des Embryo tritt die Spaltung des mittleren Keimblattes in Urwirbel und Seitenplatten überhaupt nicht ein, sondern es bleibt die ursprüngliche mittlere Keimblattmasse hier ungetheilt erhalten, und bildet die sogenannten „Kopfplatten" (Fig. 58 *k*, S. 236), aus denen der Schädel, die knöcherne Umhüllung des Gehirns, sowie die Muskeln und die Lederhaut des Kopfes entsteht. Diese Kopfplatten sind also weiter Nichts, als der ungespaltene vorderste Theil des mittleren oder motorischen Keimblattes. Der Schädel entsteht hier ganz in derselben Weise, wie weiter hinten die häutige Wirbelsäule. Es wölben sich nämlich die rechte und linke Kopfplatte über der Hirnblase zusammen, umschliessen unten das vorderste Ende der Chorda, und bilden so schliesslich rings um das Hirn eine einfache, weiche, häutige Kapsel. Diese verwandelt sich später in einem knorpeligen Primordialschädel, wie er bei vielen Fischen zeitlebens sich erhält, und erst viel später entsteht abermals aus diesem knorpeligen Urschädel der bleibende knöcherne Schädel mit seinen verschiedenen Theilen (Vergl. S. 585).

Sehr frühzeitig schon zeigen sich beim Embryo des Menschen wie aller übrigen Wirbelthiere zu beiden Seiten des Kopfes sehr merkwürdige und wichtige Bildungen, die wir mit dem Namen Kiemenbogen und Kiemenspalten belegen (Fig. 70 *f*). Sie gehören zu den charakteristischen und niemals fehlenden Organen der Wirbelthiere, weshalb wir sie schon früher bei Betrachtung unseres typischen Urwirbelthieres erwähnt haben (Fig. 31 b_1—b_5, s_1—s_5, S. 177). Es bilden sich nämlich rechts und links in der Seitenwand der Kopfdarmhöhle, und zwar in deren vorderstem Theile, erst ein Paar, dann mehrere Paare sackförmiger Ausbuchtungen, welche die ganze Dicke der seitlichen Kopfwand durchbrechen. Dadurch verwandeln sie sich in Spalten, durch welche man von aussen frei in die Schlundhöhle eindringen kann: Kiemenspalten oder Schlundspalten. Zwischen je zwei Kiemenspalten verdickt sich die Schlundwand und verwandelt sich in eine bogenförmige oder sichelförmige Leiste: Kiemenbogen oder Schlundbogen; an ihrer Innenseite steigt später ein Gefässbogen empor (Fig. 57, S. 235). Die Zahl der Kiemenbogen und der mit ihnen abwechselnden Kiemenspalten steigt bei den höheren Wirbelthieren jederseits auf 4—5 (Fig. 70 *c, d, f, f', f''*). Die niederen Wirbel-



Fig. 69.

Fig. 70.

thiere haben deren noch mehr. Ursprünglich hatten diese merkwürdigen Gebilde die Function von Athmungs-Organen: Kiemen. Bei den Fischen tritt noch heute allgemein das zur Athmung dienende Wasser, welches durch den Mund aufgenommen wurde, durch die Kiemenspalten an den Seiten des Schlundes nach aussen. Bei den höheren Wirbelthieren verwachsen sie später. Die Kiemenbogen verwandeln sich theilweise in die Kiefer, theilweise in das Zungenbein und die Gehörknöchelchen (Vergl. Taf. I, IV und V).

Ungefähr gleichzeitig mit der Entwickelung der Kiemenbogen bildet sich unmittelbar hinter denselben das Herz mit seinen 4 Abtheilungen aus (Fig. 70 *ghik*) und oben an den Seiten des Kopfes erscheinen die Anlagen der höheren Sinnesorgane: Nase, Auge und Ohr. Diese hochwichtigen Organe werden in der allereinfachsten Gestalt angelegt. Das Geruchsorgan oder die Nase erscheint in

---

Fig. 69. Kopf eines Hühner-Embryo, vom dritten Brütetage: 1. von vorn, 2. von der rechten Seite. *n* Nasen-Anlage (Geruchs-Grübchen). *l* Augen-Anlage (Gesichts-Grübchen, Linsenhöhle). *g* Ohr-Anlage (Gehör-Grübchen). *v* Vorderhirn. *gl* Augenspalte. Von den drei Paar Kiemenbogen ist der erste in einen Oberkiefer-Fortsatz (*o*) und einen Unterkiefer-Fortsatz (*u*) gesondert. (Nach Koelliker.)

Fig. 70. Kopf eines Hunde-Embryo, von vorn. *a* Die beiden Seitenhälften der vorderen Hirnblase. *b* Augen-Anlagen. *c* Mittlere Hirnblase. *de* Das erste Kiemenbogen-Paar (*d* Unterkiefer-Fortsatz, *e* Oberkiefer-Fortsatz). *f*, *f'*, *f''* Das zweite, dritte und vierte Kiemenbogen-Paar. *ghik* Herz (*g* rechte, *h* linke Vorkammer; *i* linke, *k* rechte Kammer). *l* Ursprung der Aorta mit drei Paar Aortenbogen, die an die Kiemenbogen gehen. (Nach Bischoff.)

Form von ein Paar kleinen Grübchen oberhalb der Mundöffnung, ganz vorn am Kopf (Fig. 69 *n*). Das Gesichtsorgan oder das Auge tritt dahinter an der Seite des Kopfes auf, ebenfalls in Gestalt eines Grübchens (Fig. 69 *l*, 70 *b*), welchem eine ansehnliche blasenförmige Ausstülpung der vordersten Hirnblase jederseits entgegenwächst (Fig. 64 *c*). Weiter hinten erscheint ein drittes Grübchen an jeder Seite des Kopfes, die erste Anlage des Gehörorganes (Fig. 69 *g*). Von der späteren, höchst bewunderungswürdigen Zusammensetzung dieser Organe ist jetzt noch keine Spur zu bemerken, ebensowenig von der charakteristischen Bildung des Gesichtes.

Wenn der Embryo des Menschen diese Stufe der Entwickelung erreicht hat, ist er von dem Keime aller höheren Wirbelthiere noch durchaus nicht zu unterscheiden (Vergl. Taf. IV und V). Alle wesentlichen Theile des Körpers sind jetzt angelegt: Der Kopf mit dem Urschädel, den Anlagen der drei höheren Sinnes-Organe und den fünf Hirnblasen, sowie mit den Kiemenbogen und Kiemenspalten; der Rumpf mit dem Rückenmark, der Anlage der Wirbelsäule, der Kette von Metameren, das Herz und die Hauptblutgefäss-Stämme, und endlich die Urnieren. Der Mensch ist in diesem Keim-Zustande bereits ein höheres Wirbelthier, und doch zeigt er noch keinerlei Unterschiede von dem Embryo der Säugethiere, der Vögel, der Reptilien u. s. w. (Taf. IV und V, oberste Querreihe; S. 256). Das ist eine ontogenetische Thatsache von der allergrössten Bedeutung.

Nun fehlt aber noch vollständig jede Spur der Gliedmaassen. Obgleich Kopf und Rumpf in ihrer inneren Anlage bereits getrennt sind, ist doch von Gliedmaassen oder „Extremitäten" in diesem Stadium der Entwickelung noch keine Spur vorhanden. Diese entstehen erst später. Auch das ist eine Thatsache von dem allerhöchsten Interesse. Denn sie beweist uns, dass die älteren Wirbelthiere fusslos waren, wie es die niedrigsten lebenden Wirbelthiere (Amphioxus und die Cyclostomen) noch heute sind. Die Nachkommen dieser uralten fusslosen Wirbelthiere haben erst viel später, im weiteren Laufe ihrer Entwickelung, Extremitäten erhalten, und zwar vier Beine: ein Paar Vorderbeine und ein Paar Hinterbeine. Diese sind überall ursprünglich ganz gleich angelegt, obgleich sie später höchst verschiedenartig sich ausbilden: bei den Fischen zu den Flossen (Brustflossen und Bauchflossen), bei den Vögeln zu den Flügeln und Beinen, bei den kriechenden Thieren zu Vorderbeinen und Hinterbeinen, bei den Affen

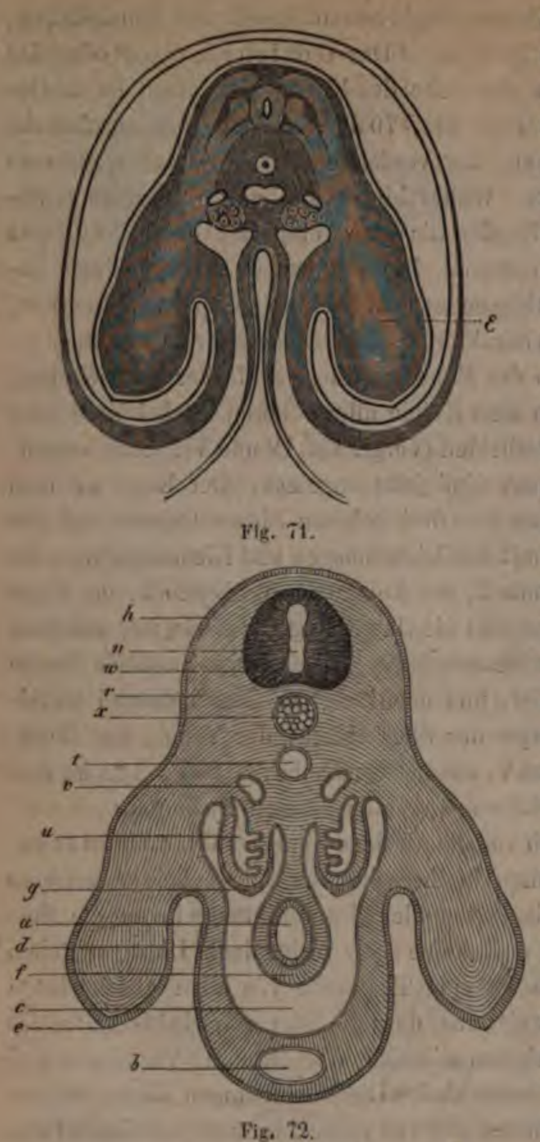


Fig. 71.

Fig. 72.

und Menschen zu Armen und Beinen (Fig. 71, 72). Alle diese Theile entstehen aus derselben ganz einfachen ursprünglichen Anlage, welche aus der Seitenplatte secundär hervorwächst. Sie erscheinen überall in Gestalt von zwei Paar kleinen Knospen, die anfangs ganz einfache, rundliche Höcker oder Platten darstellen. Erst allmählich gestaltet sich jede dieser Platten zu einem grösseren Vorsprunge, an welchem sich ein innerer, schmälerer Theil von einem äusseren, breiteren Theile sondert. Letzterer ist die Anlage des Fusses oder der Hand, ersterer die Anlage des Armes oder des Beines. Wie gleichartig die ursprüngliche Anlage der Gliedmaassen bei den verschiedensten Wirbelthieren ist, zeigt Ihnen Taf. IV und V.

Fig. 71. Querschnitt durch die Schultergegend und die Vorderbeine (Flügel-Anlage) eines Hühner-Embryo vom vierten Brüte-Tage, etwa 20 mal vergrössert. Neben dem Markrohr sind jederseits drei hellere Stränge in der dunkeln Rückenwand sichtbar, welche sich ein Stück weit in die Anlage des Vorderbeines oder Flügels (ε) fortsetzen. Der oberste derselben ist die Muskelplatte, der mittlere ist die

Die sorgfältige Untersuchung und denkende Vergleichung der Embryonen des Menschen und anderer Wirbelthiere in diesem Stadium der Ausbildung ist höchst lehrreich und offenbart dem denkenden Menschen tiefere Geheimnisse und schwerwiegendere Wahrheiten, als in den sogenannten „Offenbarungen" sämmtlicher Kirchenreligionen des Erdballes zusammengenommen zu finden sind. Vergleichen Sie z. B. aufmerksam und nachdenkend die drei auf einander folgenden Entwickelungsstadien, welche auf Taf. IV vom Fische *(F)*, vom Salamander *(A)*, von der Schildkröte *(T)* und vom Huhne *(H)* dargestellt sind, sowie auf Taf. V die entsprechenden Embryonen des Schweines *(S)*, des Rindes *(R)*, des Kaninchens *(K)* und des Menschen *(M)*. In dem ersten Stadium (in der ersten Querreihe oben, I.), in welchem zwar der Kopf mit den fünf Hirnblasen und den Kiemenbogen schon deutlich angelegt ist, die Gliedmaassen aber noch gänzlich fehlen, sind die Embryonen aller Wirbelthiere vom Fische bis zum Menschen hinauf theilweise nur ganz unwesentlich, theilweise noch gar nicht verschieden. Im zweiten Stadium (in der mittleren Querreihe, II.), wo die Gliedmaassen angelegt sind, beginnen bereits Unterschiede zwischen den Embryonen der niederen und höheren Wirbelthiere aufzutreten; doch ist der Embryo des Menschen auch jetzt noch nicht vom demjenigen der höheren Säugethiere zu unterscheiden. Im dritten Stadium endlich (in der unteren Querreihe, III.), wo die Kiemenbogen bereits verschwunden und das Gesicht gebildet ist, treten die Differenzen viel deutlicher hervor und werden von nun an immer auffallender. Das sind Thatsachen, deren Bedeutung nicht überschätzt werden kann [50])!

---

hintere und der unterste ist die vordere Wurzel eines Rückenmarks-Nerven. Unter der Chorda ist in der Mitte die unpaare Aorta, jederseits derselben eine Cardinal-Vene sichtbar, und unter dieser die Urnieren. Der Darm ist fast geschlossen. Die Bauchwand setzt sich in das Amnion fort, das den Embryo als geschlossene Hülle umgiebt. (Nach Remak.)

Fig. 72. Querschnitt durch die Beckengegend und die Hinterbeine eines Hühner-Embryo vom vierten Brütetage, etwa 40mal vergrössert. *h* Hornplatte. *w* Markrohr. *n* Canal des Markrohrs. *u* Urnieren. *x* Chorda. *e* Hinterbeine. *b* Allantois-Canal in der Bauchwand. *t* Aorta. *v* Cardinal-Venen. *a* Darm. *d* Darmdrüsenblatt. *f* Darmfaserblatt. *g* Keim-Epithel. *r* Rückenmuskeln. *c* Leibeshöhle oder Coelom. (Nach Waldeyer.)

Erklärung von Tafel IV und V

(zwischen S. 256 und S. 257).

Die beiden Tafeln IV und V sollen die mehr oder minder vollständige Uebereinstimmung versinnlichen, welche hinsichtlich der wichtigsten Formverhältnisse zwischen dem Embryo des Menschen und dem Embryo der anderen Wirbelthiere in frühen Perioden der individuellen Entwickelung besteht. Diese Uebereinstimmung ist um so vollständiger, in je früheren Perioden der Entwickelung die Embryonen des Menschen mit denen der übrigen Wirbelthiere verglichen werden. Sie bleibt um so länger bestehen, je näher die betreffenden ausgebildeten Thiere stammverwandt sind, entsprechend dem „Gesetze des ontogenetischen Zusammenhanges systematisch verwandter Formen" (vergl. den folgenden Vortrag, XII).

Taf. IV stellt die Embryonen von zwei niederen und zwei höheren Wirbelthieren in drei verschiedenen Stadien dar, und zwar von einem Fisch (Knochenfisch, *F*), von einem Amphibium (Erdsalamander, *A*), von einem Reptil (Schildkröte *T*) und von einem Vogel (Huhn, *H*).

Taf. V zeigt die Embryonen von vier Säugethieren aus den entsprechenden drei Stadien, und zwar vom Schwein (*S*), Rind (*R*), Kaninchen (*K*) und Mensch (*M*). Die Zustände der drei verschiedenen Entwickelungs-Stadien, welche die drei Querreihen (I., II., III.) darstellen, sind möglichst entsprechend gewählt.

Die erste (oberste) Querreihe, I., stellt ein sehr frühes Stadium dar, mit Kiemenspalten, ohne Beine. Die zweite (mittlere) Querreihe, II., zeigt ein etwas späteres Stadium, mit der ersten Anlage der Beine, noch mit Kiemenspalten. Die dritte (unterste) Querreihe, III., führt ein noch späteres Stadium vor, mit weiter entwickelten Beinen, nach Verlust der Kiemenspalten. Die Hüllen und Anhänge des Embryo-Körpers (Amnion, Dottersack, Allantois) sind weggelassen. Sämmtliche 24 Figuren sind schwach vergrössert, die oberen stärker, die unteren schwächer. Zur besseren Vergleichung sind alle auf nahezu dieselbe Grösse in der Zeichnung reducirt. Alle Embryonen sind von der linken Seite gesehen; das Kopfende ist nach oben, das Schwanzende nach unten, der gewölbte Rücken nach rechts gekehrt. Die Buchstaben bedeuten in allen 24 Figuren dasselbe, und zwar: *v* Vorderhirn, *z* Zwischenhirn, *m* Mittelhirn, *h* Hinterhirn, *n* Nachhirn, *r* Rückenmark, *e* Nase, *a* Auge, *o* Ohr, *k* Kiemenbogen, *c* Herz, *w* Wirbelsäule, *f* Vorderbeine, *b* Hinterbeine, *s* Schwanz[30].

Zwölfter Vortrag.

Die Keimhüllen und der erste Blutkreislauf.

„Ist der Mensch etwas Besonderes? Entsteht er in einer ganz anderen Weise als ein Hund, Vogel, Frosch und Fisch? Giebt er damit denen Recht, welche behaupten, er habe keine Stelle in der Natur und keine wirkliche Verwandtschaft mit der niederen Welt thierischen Lebens? Oder entsteht er in einem ähnlichen Keim, und durchläuft er dieselben langsamen und allmählichen progressiven Modificationen? Die Antwort ist nicht einen Augenblick zweifelhaft, und ist für die letzten dreissig Jahre nicht zweifelhaft gewesen. Ohne Zweifel ist die Entstehungsweise und sind die früheren Entwickelungszustände des Menschen identisch mit denen der unmittelbar unter ihm in der Stufenleiter stehenden Thiere: ohne allen Zweifel steht er in diesen Beziehungen dem Affen viel näher, als die Affen den Hunden."

Thomas Huxley (1863).

Inhalt des zwölften Vortrages.

Die Säugethier-Organisation des Menschen. Der Mensch besitzt denselnen Körperbau wie alle anderen Säugethiere, und sein Keim entwickelt sich ganz in derselben Weise. In späteren Stadien ist der Keim des Menschen nicht von demjenigen der höheren Säugethiere, in früheren Stadien sogar nicht von demjenigen der sämmtlichen höheren Wirbelthiere zu unterscheiden. Das Gesetz des ontogenetischen Zusammenhanges systematisch verwandter Formen. Anwendung desselben auf den Menschen. Gestalt und Grösse des menschlichen Embryo in den ersten vier Wochen. Der Embryo des Menschen ist im ersten Monate seiner Entwickelung demjenigen anderer Säugethiere vollständig gleich gebildet. Im zweiten Monate beginnen erst Unterschiede aufzutreten. Anfangs gleicht der menschliche Embryo demjenigen aller, später bloss dem Embryo der höheren Säugethiere. Die Anhänge und Hüllen des menschlichen Embryo. Dottersack. Allantois und Placenta. Amnion. Das Herz, die ersten Blutgefässe und das erste Blut bilden sich aus dem Darmfaserblatte. Das Herz schnürt sich von der Wand des Vorderarmes ab. Der erste Blutkreislauf im Fruchthofe: Dotter-Arterien und Dotter-Venen. Zweiter embryonaler Kreislauf, in der Allantois: Nabel-Arterien und Nabel-Venen. Abschnitte der Keimesgeschichte.

XII.

Meine Herren!

Die wichtigste Erscheinung von allgemeiner Bedeutung, welche in dem bisherigen Gange der menschlichen Ontogenesis uns aufgestossen ist, dürfte wohl die Thatsache bleiben, dass die Entwickelung des menschlichen Körpers von Anfang an genau in derselben Weise erfolgt, wie bei den übrigen Säugethieren, und dass alle die besonderen Eigenthümlichkeiten der individuellen Entwickelung, welche die Säugethiere von den übrigen Thieren auszeichnen, sich eben so auch beim Menschen wiederfinden. Man hat schon längst aus dem Körperbau des ausgebildeten Menschen den Schluss gezogen, dass derselbe im Systeme des Thierreiches seinen natürlichen Platz nur in der Säugethierklasse finden könne. Durch die Ontogenesis wird diese Stellung lediglich bestätigt. Wir überzeugen uns, dass auch in der embryonalen Entwickelung, wie im anatomischen Bau, der Mensch sich durchaus gleich den höheren Säugethieren verhält. Wenn wir nun unter Anwendung des biogenetischen Grundgesetzes das Verständniss dieser ontogenetischen Uebereinstimmung suchen, so ergiebt sich daraus ganz einfach und nothwendig die Abstammung des Menschen von anderen Säugethierformen. Der gemeinsame Ursprung des Menschen und der übrigen Säugethiere von einer einzigen uralten Stammform kann uns danach nicht mehr zweifelhaft sein.

Die vollständige Uebereinstimmung in der gesammten Körperform und dem inneren Bau ist beim Embryo des Menschen und der übrigen Säugethiere selbst noch in demjenigen späten Stadium der Entwickelung vorhanden, in welcher bereits der Säugethier-Körper als solcher unverkennbar ist. (Vergl. Taf. IV und V). Aber in einem etwas früheren Stadium, in welchem bereits die Gliedmaassen, die Kiemenbogen, die Sinnesorgane u. s. w. angelegt sind, können wir die Embryonen der Säugethiere noch nicht als solche erkennen und noch

nicht von denjenigen der Vögel und Reptilien unterscheiden. Wenn wir auf noch frühere Stadien der Entwickelung zurück gehen, so sind wir nicht einmal im Stande, irgend einen wesentlichen Unterschied zwischen den Embryonen dieser höheren Wirbelthiere und denjenigen der niederen, der Amphibien und Fische, aufzufinden (Taf. IV und V, oberste Querreihe). Gehen wir endlich noch weiter zurück, bis zum Aufbau des Körpers aus der vierblättrigen Keimscheibe, so werden wir durch die Wahrnehmung überrascht, dass diese vier Keimblätter nicht allein bei allen Wirbelthieren, sondern auch bei allen höheren wirbellosen Thieren dieselben sind und überall in gleicher Weise am Aufbau der Grundorgane des Körpers sich betheiligen. (Vergl. Fig. 55 und 56, S. 233.) Wenn wir dann nach der Herkunft dieser vier secundären Keimblätter fragen, so finden wir, dass sie aus den beiden primären Keimblättern sich entwickeln, die bei allen Thieren (mit Ausnahme der niedrigsten Abtheilung, der Urthiere) dieselben sind. (Vergl. Fig. 28, S. 157.) Endlich sehen wir, dass die Zellen, welche die beiden primären Keimblätter zusammensetzen, überall durch wiederholte Spaltung aus einer einzigen einfachen Zelle, aus der Eizelle, ihren Ursprung nehmen (Fig. 15, 16, S. 144).

Diese merkwürdige Uebereinstimmung in der Ontogenese des Menschen und der Thiere, welche wir später für unsere monophyletische Descendenz-Hypothese, d. h. für die Hypothese von der einheitlichen, gemeinsamen Abstammung des Menschen und der verschiedenen höheren Thierstämme verwerthen werden, kann nicht genug hervorgehoben werden. Sie zeigt sich von Beginn der individuellen Entwickelung an: bei der Furchung der Eizelle, bei der Bildung der Keimblätter, bei der Spaltung der Keimblätter, bei dem Aufbau der wichtigsten Fundamental-Organe aus den Keimblättern u. s. w. Die ersten Anlagen der wichtigsten Körpertheile und vor allen des Ur-Organes, des Darmcanales, sind ursprünglich überall identisch und erscheinen immer in derselben einfachsten Form. Alle die Eigenthümlichkeiten aber, durch welche sich die verschiedenen kleineren und grösseren Gruppen des Thierreiches von einander unterscheiden, treten im Laufe der Ontogenese erst allmählich, erst secundär auf und zwar um so später, je näher sich die betreffenden Thiere im System des Thierreiches stehen. Diese letztere Erscheinung lässt sich in einem bestimmten Gesetze formuliren, welches gewissermaassen als Zusatz oder Anhang zu unserem biogenetischen Grundgesetze be-

trachtet werden kann. **Das ist das Gesetz des ontogenetischen Zusammenhanges systematisch verwandter Thierformen.** Dasselbe lautet: Je näher sich zwei erwachsene, ausgebildete Thiere ihrer ganzen Körperbildung nach stehen, je enger dieselben daher im Systeme des Thierreiches verbunden sind, desto länger bleibt auch ihre embryonale Form identisch, desto längere Zeit hindurch sind die Embryonen, die Jugendformen derselben überhaupt gar nicht oder nur durch untergeordnete Merkmale zu unterscheiden [51]).

Wenn wir dieses Gesetz von dem ontogenetischen Zusammenhang der systematisch (und daher auch phylogenetisch) verwandten Formen auf den Menschen anwenden und mit Beziehung auf dasselbe die frühesten menschlichen Zustände rasch an uns vorübergehen lassen, so finden wir zuerst im Beginne der Keimesgeschichte eine vollständige Identität der Eizelle des Menschen und der übrigen Säugethiere (Fig. 1). Alle Eigenthümlichkeiten, welche das Säugethier-Ei auszeichnen, besitzt auch das menschliche Ei; insbesondere jene charakteristische Bildung seiner Hülle (der *Zona pellucida*), welche dasselbe von dem Ei aller übrigen Thiere deutlich unterscheidet. (Vergl. S. 682.) Wenn die Eizelle des Menschen sich zu entwickeln beginnt, so verläuft die Furchung derselben, ferner die Bildung der Keimblase und des Fruchthofes, die erste Differenzirung der Keimblätter und namentlich die Anlage der Centralorgane im Fruchthofe durchaus ebenso wie bei den übrigen Säugethieren. Ganz identisch ist namentlich auch das Verhältniss der Keimscheibe zur Keimblase beim Menschen und allen andern Säugethieren, während dasselbe bei den Vögeln und überhaupt bei den niederen Wirbelthieren gewisse Verschiedenheiten darbietet [52]).

Wenn der Embryo des Menschen ein Alter von vierzehn Tagen erreicht hat, so erscheint er, gleich allen übrigen Säugethieren, in der Form einer ganz einfachen, sohlenförmigen Keimscheibe, welche an der Bauchseite mit der Wand der Keimblase zusammenhängt. An der Rückenseite derselben zeigt sich in der Mittellinie eine rinnenartige, geradlinige Längsfurche, begrenzt von zwei parallelen Wülsten oder Leisten. Diese Primitivrinne und die beiden Rückenwülste sind nicht zu unterscheiden von den gleichen Theilen anderer Säugethiere. Der menschliche Embryo hat in diesem Alter eine Länge von einer Linie oder zwei Millimetern. (Vergl. Fig. 60, S. 241 und 62, S. 242.)

Eine Woche später, also nach dem Verlaufe von einundzwanzig Tagen, hat der menschliche Embryo bereits die doppelte Länge erreicht; er ist jetzt zwei Linien oder gegen fünf Millimeter lang und zeigt uns bereits in der Seiten-Ansicht (Taf. V, Fig. *M* I) die charakteristische Krümmung des Rückens, die Anschwellung des Kopfendes, die erste Anlage der drei höheren Sinnesorgane und die Anlage der Kiemenspalten, welche die Seiten des Halses durchbrechen. Hinten aus dem Darme ist die Allantois hervorgewachsen. Der Embryo ist bereits vollständig vom Amnion umschlossen und hängt nur noch in der Mitte des Bauches durch den Dottergang mit der Keimblase zusammen, die sich in den Dottersack verwandelt (Fig. 82, S. 272). Es fehlen aber in diesem Entwickelungs-Stadium noch vollständig die Extremitäten oder Gliedmaassen; weder von den Armen noch von den Beinen ist eine Spur vorhanden. Das Kopfende hat sich allerdings schon bedeutend vom Schwanzende gesondert oder differenzirt; auch treten vorn die ersten Anlagen der Hirnblasen, sowie unten am Vorderdarm das Herz schon mehr oder weniger deutlich hervor. Aber ein eigentliches Gesicht ist noch nicht ausgebildet. Auch suchen wir ganz vergebens nach irgend einem Charakter, welcher in diesem Stadium den menschlichen Embryo von dem der anderen Säugethiere unterschiede. (Vergl. Fig. *M* I, *K* I, *R* I und *S* I auf Taf. V.)

Abermals eine Woche später, nach Ablauf der vierten Woche, am 28.—30. Tage der Entwickelung, hat der menschliche Embryo eine Länge von vier bis fünf Linien oder ungefähr einem Centimeter erreicht und erscheint nunmehr in der Gestalt, welche Ihnen Fig. *M* II auf Taf. V vorführt. Wir können jetzt deutlich den Kopf mit seinen verschiedenen Theilen unterscheiden; im Inneren desselben die fünf primitiven Hirnblasen (Vorderhirn, Mittelhirn, Zwischenhirn, Hinterhirn und Nachhirn); unten am Kopfe die Kiemenbogen, welche die Kiemenspalten trennen; an den Seiten des Kopfes die Anlagen der Augen, ein paar Grübchen der äusseren Haut, denen (wie Sie sich erinnern werden) ein Paar einfache Bläschen aus der Seitenwand des Vorderhirns entgegenwachsen (Fig. 64 *cc*, S. 213); weit hinter den Augen, über dem letzten Kiemenbogen, ist die bläschenförmige Anlage des Gehörorganes sichtbar. In sehr starker, fast rechtwinkeliger Krümmung geht der sehr grosse Kopf in den Rumpf über. Dieser hängt in der Mitte der Bauchseite noch mit der Keimblase zusammen; allein der Embryo hat sich schon stärker von derselben abge-

schnürt, so dass sie bereits als Dottersack heraushängt. Wie der vordere Theil, so ist auch der hintere Theil des Körpers sehr stark gekrümmt, so dass das zugespitzte Schwanzende gegen den Kopf hingerichtet ist. Der Kopf ist mit dem Gesichtstheil ganz auf die noch offene Brust herabgesunken. Die Krümmung wird bald so stark, dass der Schwanz fast die Stirn berührt (Fig. 81, S. 271). Man kann dann eigentlich drei oder vier besondere Krümmungen an der gewölbten Rückenseite unterscheiden, nämlich eine Scheitelkrümmung oder „vordere Kopfkrümmung" in der Gegend der zweiten Hirnblase (Fig. 81 *c*), eine Nackenkrümmung oder „hintere Kopfkrümmung" am Anfang des Rückenmarks und eine Schwanzkrümmung am hintersten Ende. Diese starke Krümmung theilt der Mensch nur mit den drei höheren Wirbelthier-Classen (den Amnionthieren), während sie bei den niederen viel schwächer oder gar nicht ausgesprochen ist. Der Mensch hat in diesem Alter von vier Wochen einen recht anständigen Schwanz, der doppelt so lang als das Bein ist. Die Anlagen der Gliedmaassen sind jetzt bereits deutlich abgesetzt: vier ganz einfache Knospen von der Gestalt einer rundlichen Platte, ein Paar Vorderbeine und ein Paar Hinterbeine, die ersteren ein wenig grösser als die letzteren.

Wenn wir den menschlichen Embryo in diesem einmonatlichen Alter öffnen (Fig. 73), so finden wir in der Leibeshöhle bereits den Darmcanal angelegt und von der Keimblase grösstentheils abgeschnürt. Mund- und After-Oeffnung sind auch schon vorhanden. Aber die Mundhöhle ist noch nicht von der Nasenhöhle getrennt und das Gesicht überhaupt noch nicht gebildet. Hingegen zeigt das Herz bereits alle vier Abtheilungen; es ist sehr gross und füllt fast die ganze Brusthöhle aus (Fig. 73 *ov*). Hinter ihm liegen die ganz kleinen Anfänge der Lungen versteckt. Sehr gross sind die Urnieren (Fig. 73 *m*), welche den grössten Theil der Bauchhöhle erfüllen und von der Leber (*f*) bis zum Beckendarm hinreichen. Sie sehen also, dass jetzt, am Ende des ersten Monats, alle wesentlichen Körpertheile bereits fertig angelegt sind. Dennoch sind wir in diesem Stadium noch nicht im Stande, irgend welche Merkmale aufzufinden, durch welche sich der menschliche Embryo von dem des Hundes oder des Kaninchens, des Rindes oder des Pferdes, kurz von dem aller höheren Säugethiere wesentlich unterschiede. Alle diese Embryonen besitzen jetzt noch die gleiche Gestalt und sind von dem des Menschen höchstens durch

die gesammte Körpergrösse oder durch ganz unbedeutende Unterschiede in der Grösse der einzelnen Theile verschieden. So ist z. B. der Kopf im Verhältnisse zum Rumpfe beim Menschen ein wenig grösser, als beim Schafe. DerSchwanz ist beimHunde etwas länger, als beim Menschen. Aber das Alles sind, wie Sie sehen, ganz geringfügige Differenzen, ohne alleBedeutung. Hingegen ist die ganze innere und äussere Gestalt, die Form und Lage der Organe beim Em-

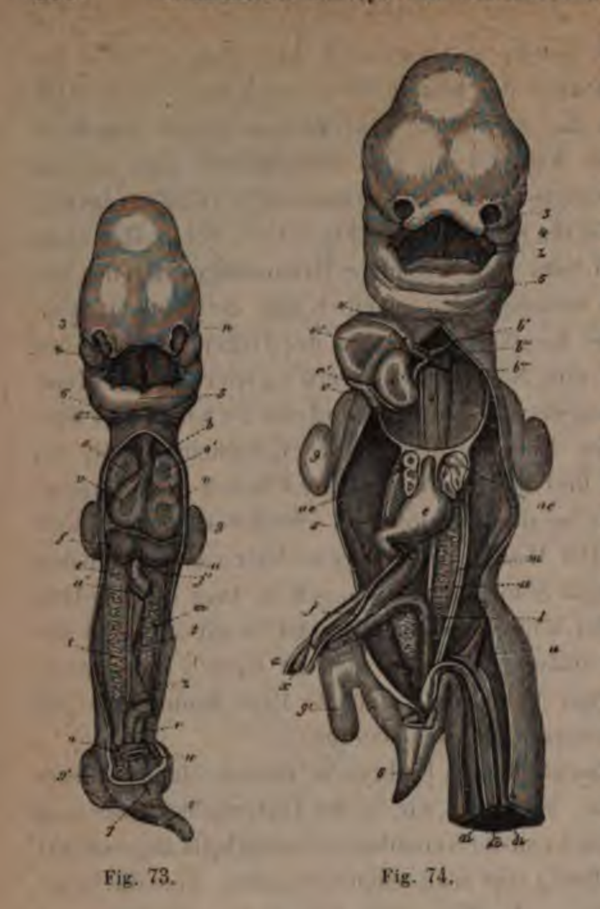


Fig. 73. Fig. 74.

Fig. 73. Menschlicher Embryo, vier Wochen alt, von der Bauchseite, geöffnet. Brustwand und Bauchwand sind weggeschnitten, so dass der Inhalt der Brusthöhle und Bauchhöhle frei liegt. Auch sind sämmtliche Anhänge (Amnion, Allantois, Dottersack) entfernt, ebenso der mittlere Theil des Darmes. *n* Auge. 3 Nase. 4 Oberkiefer. 5 Unterkiefer. 6 zweiter, 6″ dritter Kiemenbogen. *ov* Herz (*o* rechte, *o′* linke Vorkammer; *v* rechte, *v′* linke Kammer). *b* Ursprung der Aorta. *f* Leber (*u* Nabelvene). *e* Darm (mit der Dotterarterie, bei *a′* abgeschnitten). *j′* Dottervene. *m* Urniere. *t* Anlage der Geschlechtsdrüse. *r* Enddarm (nebst dem Gekröse, *z*, abgeschnitten). *n* Nabelarterie. *u* Nabelvene. 7 After. 8 Schwanz. 9 Vorderbein. 9′ Hinterbein. (Nach Coste.)

Fig. 74. Menschlicher Embryo, fünf Wochen alt, von der Bauchseite, geöffnet (wie Fig. 73). Brustwand, Bauchwand und Leber sind entfernt. 3 Aeusserer Nasenfortsatz. 4 Oberkiefer. 5 Unterkiefer.



Fig. 75.

bryo des Menschen von vier Wochen und bei den Embryonen der anderen Säugethiere aus den entsprechenden Stadien vollständig dieselbe. Alle wesentlichen anatomischen Verhältnisse sind gleich. Vergleichen Sie, um sich hiervon zu überzeugen, die innere Anatomie des Hunde-Embryo (Fig. 75) mit derjenigen des Menschen (Fig. 73, 74).

---

z Zunge. *v* Rechte, *v'* linke Herzkammer. *o'* Linke Herzvorkammer. *b* Ursprung der Aorta. *b'b''b'''* Erster, zweiter, dritter Aortenbogen. *c c'c''* Hohlvenen. *ae* Lungen (*y* Lungenarterien). *e* Magen. *m* Urnieren. (*j* Linke Dottervene. *s* Pfortader. *a* rechte Dotterarterie. *n* Nabelarterie. *u* Nabelvene). *x* Dottergang. *i* Enddarm. 8 Schwanz. 9 Vorderbein. 9' Hinterbein. Die Leber ist entfernt. (Nach Coste.)

Fig. 75. Hunde-Embryo, 25 Tage alt, von der Bauchseite, geöffnet (wie Fig. 73 und 74). Brustwand und Bauchwand sind entfernt. *a* Nasengruben. *b* Augen. *c* Unterkiefer (Erster Kiemenbogen). *d* Zweiter Kiemenbogen. *efgh* Herz (*e* rechte, *f* linke Vorkammer; *g* rechte, *h* linke Kammer). *i* Aorta (Ursprung). *kk* Leber (in der Mitte zwischen beiden Lappen die durchschnittene Dottervene). *l* Magen. *m* Darm. *n* Dottersack. *o* Urnieren. *p* Allantois. *q* Vorderbeine. *h* Hinterbeine. Der krumme Embryo ist gerade gestreckt. (Nach Bischoff.)

Anders verhält es sich schon im zweiten Monate der menschlichen Entwickelung. Jetzt beginnen allmählich, obwohl anfangs kaum merklich, feine Unterschiede aufzutreten, welche den menschlichen Embryo von demjenigen des Hundes und der niederen Säugethiere trennen. Schon eine Woche später, nach sechs, und noch mehr nach acht Wochen sind bereits bedeutende Unterschiede sichtbar, welche namentlich die Kopfbildung betreffen (Taf. V, Fig. *M* III etc.). Die Grösse der einzelnen Abschnitte des Gehirnes ist jetzt beträchtlicher beim Menschen; der Schwanz umgekehrt erscheint kürzer. Andere Unterschiede sind zwischen dem Menschen und den niederen Säugethieren in der relativen Grösse innerer Theile zu finden. Aber auch in dieser Zeit ist der menschliche Embryo noch gar nicht von dem Embryo des nächstverwandten höheren Säugethieres, des Affen, zu unterscheiden. Die Merkmale, durch welche wir den Embryo des Menschen von demjenigen der Affen unterscheiden können, treten erst viel später auf. Selbst in einem weit vorgeschritteneren Stadium der Entwickelung, selbst nach drei Monaten, wo wir den menschlichen Embryo gegenüber demjenigen der Hufthiere augenblicklich erkennen, sind wir noch nicht im Stande, denselben von dem Embryo der höheren Affen zu unterscheiden. Endlich treten im vierten oder fünften Monate der Entwickelung auch diese Merkmale hervor, und wir können während der letzten vier Monate des menschlichen Embryo-Lebens, vom sechsten bis neunten Monate der Schwangerschaft, den menschlichen Embryo sicher von demjenigen aller übrigen Säugethiere unterscheiden. Allerdings sind diese Unterschiede auch um die Mitte des Embryo-Lebens noch sehr unbeträchtlich, und erst gegen die Geburt hin tritt die menschliche Gestalt, besonders in der charakteristischen Bildung des Gesichts, unverkennbar hervor. Freilich verhalten sich die verschiedenen Affen in dieser Beziehung sehr verschieden, und während einige Affen schon vor der Mitte des Embryolebens sich in ihrer Gesichtsbildung vom Menschen entfernen, bleibt bei anderen die Menschen-Aehnlichkeit bis in viel spätere Stadien bestehen. Bei einigen Affen entwickelt sich sogar die Nase, derjenige Gesichtstheil, der das Menschen-Antlitz am meisten charakterisirt, vollkommen in derselben Weise wie beim Menschen. Das ist am stärksten bei dem interessanten N a s e n - a f f e n aus Borneo (Fig. 76) der Fall, dessen schön geformte Adler-Nase mancher Mensch, bei dem dieses Organ zu kurz gerathen, mit



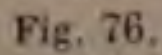


Fig. 76.



Fig. 77.

Neid betrachten wird. Wenn man das Gesicht dieses Nasen-Affen mit demjenigen von besonders affenähnlichen Menschen (z. B. der berüchtigten Miss Julia Pastrana, Fig. 77) vergleicht, so wird der erstere als eine höhere Entwickelungsform gegenüber den letzteren erscheinen. Bekanntlich sind viele Menschen der Ansicht, dass gerade in ihrer Gesichtsbildung sich das „Ebenbild Gottes“ unverkennbar abspiegele. Wenn der Nasenaffe diese sonderbare Ansicht theilt, dürfte er wohl darauf mehr Anspruch erheben, als jene kurznasigen Menschen [53].

Diese stufenweise fortschreitende Sonderung, die zunehmende Divergenz der menschlichen von der thierischen Form, welche auf dem Gesetze des ontogenetischen Zusammenhanges der systematisch verwandten Formen beruht, offenbart sich nun nicht allein in der Bildung der äusseren Körperform, sondern ebenso auch in der Gestaltung der inneren Organe. Sie offenbart sich ferner ebenso in der Gestaltung der Hüllen und Anhänge, die wir aussen um den Embryo herum finden, und welche wir jetzt zunächst etwas näher betrachten wollen. Zwei von diesen Anhängen, das Amnion und die Allantois, kommen nur den drei höheren Wirbelthierklassen zu, während der dritte, der Dottersack, sich bei den meisten Wirbelthieren findet, mit Ausnahme der niedrigsten (Amphioxus). Dieser Umstand ist von hoher Bedeutung, und Sie werden später sehen, dass er uns wesentliche Anhaltspunkte zur Feststellung des menschlichen Stammbaumes liefert.

Fig. 76. Der Kopf des Nasenaffen (*Semnopithecus nasicus*) von Borneo. (Nach Brehm.)

Fig. 77. Der Kopf der Miss Julia Pastrana. (Nach einer Photographie von Hintze.)

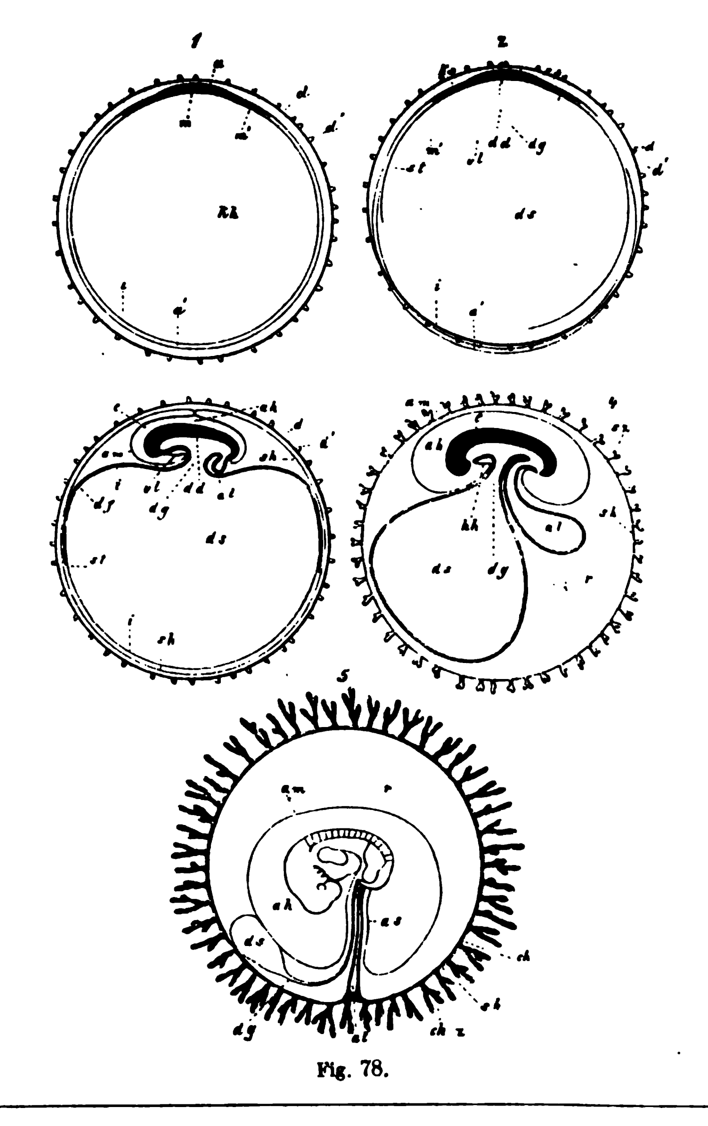


Fig. 78.

Fig. 78. Fünf schematische Längsschnitte durch den reifenden Säugethier-Keim und seine Eihüllen. In Fig. 1—4 geht der Längsschnitt durch die Sagittal-Ebene oder die Mittelebene des Körpers, welche rechte und linke Hälfte scheidet; in Fig. 5 ist der Keim von der linken Seite gesehen. In Fig. 1 umschliesst das mit Zotten (*d'*) besetzte Chorion (*d*) die Keimblase, deren Wand aus den beiden primären Keimblättern besteht. Zwischen dem äusseren (*a*) und inneren (*i*) Keimblatte hat sich im Bezirke des Fruchthofes das mittlere Keimblatt (*m*,

Was zunächst den **Dottersack** oder die sogenannte „Nabelblase“ betrifft, so ist dieser, wie Sie bereits wissen, der Rest der ursprünglichen Keimblase (Fig. 78, 1, *kh*). Er hängt als ein beutelförmiger runder Sack, der bei den verschiedenen Wirbelthieren sehr verschiedene Grösse besitzt, an einem langen Stiele aus dem Bauche hervor. Beim Embryo des Menschen und der übrigen Säugethiere ist er später sehr klein (Fig. 78, 5, *ds*) und wird beim Verschlusse des Nabels vom Körper getrennt. Die Wand dieses Nabelbläschens bestand, wie Sie sich erinnern werden, aus einer inneren Lamelle, der Fortsetzung des Darmdrüsenblattes, und einer äusseren Lamelle, der Fortsetzung des Darmfaserblattes. Sie ist also aus denselben Bestandtheilen wie die Darmwand selbst zusammengesetzt, und bildet in der That eine unmittelbare Fortsetzung derselben. Der Inhalt des Dottersackes ist ernährende Substanz, welche durch den Dottergang direct in die entstehende Darmhöhle eintritt und hier als Nahrungs-Material verbraucht wird. Die ältere Embryologie drehte das Verhältniss des Darmes zur Nabelblase um, indem sie sagte, der Darm entwickele sich aus dem Dottersack. Das ist auch in gewissem Sinne ganz richtig, insofern nämlich die gesammte

---

entwickelt. In Fig. 2 beginnt der Embryo (*e*) sich von der Keimblase (*ds*) abzuschnüren, während sich rings um ihn der Wall der Amnionfalte erhebt (vorn als Kopfscheide, *ks*, hinten als Schwanzscheide, *ss*). In Fig. 3 stossen die Ränder der Amnionfalte (*am*) oben über dem Rücken des Embryo zusammen und bilden so die Amnionhöhle (*ah*); indem sich der Embryo (*e*) stärker von der Keimblase (*ds*) abschnürt, entsteht der Darmcanal (*dd*), aus dessen hinterem Ende die Allantois hervorwächst (*al*). In Fig. 4 wird die Allantois (*al*) grösser; der Dottersack (*ds*) kleiner. In Fig. 5 zeigt der Embryo bereits die Kiemenspalten und die Anlagen der beiden Beinpaare; das Chorion hat verästelte Zotten gebildet. In allen 5 Figuren bedeutet: *e* Embryo. *a* Aeusseres Keimblatt. *m* Mittleres Keimblatt. *i* Inneres Keimblatt. *am* Amnion. (*ks* Kopfscheide. *ss* Schwanzscheide). *ah* Amnion-Höhle. *as* Amnionscheide des Nabelstranges. *kh*=*ds* Keimhautblase oder Dottersack (Nabelblase). *dg* Dottergang. *df* Darmfaserblatt. *dd* Darmdrüsenblatt. *al* Allantois. *vl*=*hh* Herzgegend. *ch*=*d* Chorion oder äussere Eihaut (sogenannte „Dotterhaut“). *chz*=*d'* Chorion Zotten. *sh* Seröse Hülle. *sz* Zotten derselben. *r* Der mit Flüssigkeit gefüllte Raum zwischen Amnion und Chorion. (Nach Koelliker.) Vergl. Taf. III, Fig. 14 und 15.

zweiblätterige Keimblase nach unserer Gastraea-Theorie der Gastrula homolog und als „Urdarm“ zu betrachten ist. (Vergl. S. 234.)

Hinter dem Dottersack bildet sich schon frühzeitig am Bauche des Säugethier-Embryo ein zweiter Anhang, der für diesen eine viel grössere Bedeutung besitzt. Das ist die Allantois oder der „Urharnsack“, ein anfangs sehr kleiner, dann immer grösser werdender Sack, welcher allmählich einen beträchtlichen Umfang erreicht und nur den drei höheren Wirbelthierklassen zukommt. Dieser beutelförmige Sack wächst aus dem hinteren Ende des Darmcanals, aus der Beckendarmhöhle hervor (Fig. 78, 3, 4, *al*). Seine erste Anlage erscheint als ein kleines Bläschen am Rande der Beckendarmhöhle, welche eine Ausstülpung des Darmes darstellt und also ebenfalls wie der Dottersack eine zweiblätterige Wand besitzt. Die Höhlung des Bläschens ist ausgekleidet mit dem Darmdrüsenblatte, und die äussere Lamelle der Wand wird gebildet von dem Darmfaserblatte. Das kleine Bläschen wird grösser und grösser und wächst zu einem ansehnlichen, mit Flüssigkeit gefüllten Sacke heran, in dessen Wand sich bald mächtige Blutgefässe ausbilden (Fig. 79 *u*, Fig. 80 *b*

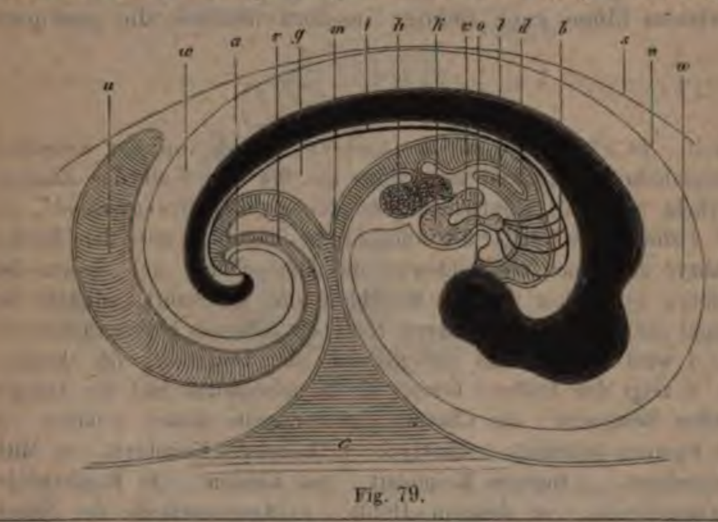


Fig. 79.

Fig. 79. **Längsschnitt durch den Embryo** eines Hühnchens (vom fünften Tage der Bebrütung). Embryo mit gekrümmter Rückenfläche (schwarz). *d* Darm. *o* Mund. *a* After. *l* Lunge. *h* Leber. *g* Gekröse. *v* Herzvorkammer. *k* Herzkammer. *b* Arterienbogen. *t* Aorta. *c* Dottersack. *m* Dottergang. *u* Allantois. *r* Stiel der Allantois. *n* Amnion. *w* Amnionhöhle. *s* Seröse Hülle. (Nach Baer.)

Fig. 81 *t*). Bald erreicht derselbe die Peripherie der Eihöhle und breitet sich nun auf der Innenwand des Chorion aus. Bei vielen Säugethieren wird die Allantois so gross, dass sie schliesslich den ganzen Embryo mit den übrigen Anhängen als weite Hülle umgiebt und sich über die ganze innere Fläche der Eihaut ausdehnt. Wenn man ein solches Ei anschneidet, kommt man zunächst an einen grossen mit Flüssigkeit gefüllten Hohlraum; das ist die Höhle der Allantois, und erst wenn man diese Hülle entfernt hat, kommt man auf den eigentlichen Embryokörper, der in dem Amnion eingeschlossen ist.



Fig 80.


Fig. 81.

Beim Menschen erreicht die Allantois nicht diese voluminöse Ausdehnung (Fig. 82), sondern verwandelt sich, nachdem sie die Innenwand des Chorion erreicht

Fig. 80. Hunde-Embryo, von der rechten Seite (und zugleich etwas von der Bauchseite) gesehen. Sowohl die Allantois (*b*) als auch


Fig. 82.

hat (Fig. 78, 5, *al*), bald in ein sehr wichtiges Organ, das die Ernährung des Embryokörpers durch das Blut der Mutter vermittelt. Dies Organ ist der sogenannte Aderkuchen oder Gefässkuchen (*Placenta*) (Fig. 83, Fig. 84, *pl*). Die Blutgefässe, welche sich in dem Darmfaserblatte auf diesem Sacke ausbreiten, wachsen sehr stark, und entwickeln sich besonders mächtig an der Stelle, wo der Sack die innere Fläche der


Fig. 83.

der Dottersack sind auf die rechte Seite herübergeschlagen. Der Dottersack tritt zwischen beiden Urnieren vor und ist oben abgerissen. *a* Vorderbein. *c* erster und *d* zweiter Kiemenbogen. *e* Gehörbläschen (darunter dritter und vierter Kiemenbogen). (Nach BISCHOFF).

Fig. 84. Hunde-Embryo, von der rechten Seite (älter als Fig. 80). *a* erste, *b* zweite, *c* dritte, *d* vierte Hirnblase. *e* Auge. *f* Gehörbläs-

Eihaut berührt. Der Stiel der Allantois, welcher den Embryo mit der Placenta verbindet und die starken Nabel-Blutgefässe vom ersteren zur letzteren führt, verwandelt sich in den sogenannten Nabelstrang (Fig. 84 *as*). Indem das blutreiche und mächtige Gefässnetz der kindlichen Allantois sich an die mütterliche Schleimhaut des Fruchtbehälters innig anschmiegt und indem sich die Zwischenwand zwischen den mütterlichen und kindlichen Blutgefässen stark verdünnt, entsteht der merkwürdige Ernährungs-Apparat des kindlichen Körpers, den wir eben Placenta nennen, und auf welchen wir später zurückkommen werden. (Vergl. den XIX. Vortrag, S. 474—481.) Für jetzt will ich denselben nur insofern hervorheben, als er ausschliesslich den höheren Säugethieren, nicht den niederen, zukommt. Von den drei Unterklassen oder Hauptgruppen der Säugethiere besitzen die beiden niederen Gruppen, die Schnabelthiere und Beutelthiere, keinen Gefässkuchen, sondern die Allantois bleibt hier eine einfache, mit Flüssigkeit gefüllte Blase, wie bei den Vögeln und Reptilien. Nur bei der dritten und höchst entwickelten Unterklasse der Säugethiere, bei den Placentalthieren, zu denen die Hufthiere, Walfische, Raubthiere, Nagethiere, Fledermäuse, Affen und Menschen gehören, bildet sich aus der Allantois eine wahre Placenta aus. Diese Thatsache ist

---

chen. *gh* erster Kiemenbogen (*g* Unterkiefer, *h* Oberkiefer). *i* zweiter Kiemenbogen. *klm* Herz (*k* rechte Vorkammer, *l* rechte, *m* linke Kammer). *n* Aorta-Ursprung. *o* Herzbeutel. *p* Leber. *q* Darm. *r* Dottergang. *s* Dottersack (abgerissen). *t* Allantois (abgerissen). *u* Amnion. *v* Vorderbein. *x* Hinterbein. (Nach Bischoff.)

Fig. 82. Menschlicher Embryo mit seinen Hüllen, aus der dritten Woche: mit grossem Dottersack, noch ohne Extremitäten.

Fig. 83. Menschlicher Embryo mit seinen Hüllen, sechs Wochen alt. Die äussere Hülle des ganzen Eies bildet das mit verästelten Zotten dicht bedeckte Chorion, innen ausgekleidet von der „serösen Hülle“. Der Embryo (in 82 noch ohne Gliedmaassen) ist von dem zartwandigen Amnion-Sack umschlossen. Der kugelige Dottersack, welcher in 82 noch die grössere Hälfte der Eihöhle einnimmt, ist in 83 auf ein kleines birnförmiges „Nabelbläschen“ reducirt; der lange Stiel desselben, der enge „Dottergang“ ist im Nabelstrang eingeschlossen. In letzterem liegt hinter dem Dottergang der viel kürzere Stiel der Allantois, deren innere Lamelle (Darmdrüsenblatt) in 82 noch ein ansehnliches Bläschen darstellt, während die äussere Lamelle sich an die Innenwand der äusseren Eihaut anlegt und hier die Placenta bildet.



Fig. 84.

ein directer Beweis dafür, dass der Mensch aus dieser Gruppe der Säugethiere sich entwickelt hat.

Die Allantois ist also für den Stammbaum des Menschen in zweifacher Beziehung von Interesse; erstens weil dieser Anhang den niederen Wirbelthierklassen überhaupt fehlt, und nur bei den drei höheren Wirbelthierklassen, den Reptilien, Vögeln und Säugethieren, zur Entwickelung kommt; und zweitens, weil die Placenta aus der Allantois sich nur bei den höheren Säugethieren und dem Menschen entwickelt, nicht aber bei den niederen Säugethieren. Erstere heissen eben deshalb „Placentalthiere".

Ebenso ist auch nur den drei höheren Wirbelthierklassen gemeinsam die Ausbildung des von uns schon erwähnten dritten Anhanges des Embryo, des Amnion oder der sogenannten „Fruchthaut". Das Amnion haben wir kennen gelernt bei Gelegenheit der



Fig. 85.

Fig. 84. Eihüllen des menschlichen Embryo (schematisch). *m* die dicke fleischige Wand des Fruchtbehälters (Uterus oder Gebärmutter). *plu* Placenta (deren innere Schicht (*plu'*) mit Fortsätzen zwischen die Chorion-Zotten (*chz*) hineingreift). (*chf* zottiges, *chl* glattes Chorion). *a* Amnion. *ah* Amnionhöhle. *as* Amnionscheide des Nabelstranges (der unten in den Nabel des hier nicht dargestellten Embryo übergeht). *dg* Dottergang. *ds* Dottersack. *dv*, *dr* Decidua (*dv* wahre, *dr* falsche Decidua). Die Uterus-Höhle (*uh*) öffnet sich unten in die Scheide, oben rechts in einen Eileiter (*t*). (Nach Koelliker.)

Fig. 85. Querschnitt durch den Embryo eines Hühnchens (etwas hinter der vorderen Darmpforte) vom Ende des ersten Brütetages. Oben ist die Markrinne, unten die Darmrinne noch weit offen. Jederseits ist die Anlage der Leibeshöhle zwischen Hautfaserblatt und Darmfaserblatt sichtbar. Rechts und links davon nach aussen beginnen sich die Seitenkappen des Amnion zu erheben. (Nach Remak.)

Abschnürung des Embryo von der Keimblase. Wir fanden, dass die Wände der Keimblase sich rings um den embryonalen Körper herum in Form einer ringförmigen Falte erheben. Vorn tritt diese Falte hoch hervor in Form der sogenannten „Kopfkappe oder Kopfscheide" (Fig. 78, 2, *ks;* Fig. 58 *kk*, S. 236); hinten wölbt sie sich ebenfalls stark empor als „Schwanzkappe oder Schwanzscheide" (Fig. 78, 2, *ss*); seitlich rechts und links ist die Falte anfangs niedriger und heisst hier „Seitenkappe oder Seitenscheide" (Fig. 85; Fig. 50, 51 *af*, S. 214). Alle diese „Kappen oder Scheiden" sind nur Theile einer zusammenhängenden ringförmigen Falte, welche ringsherum den Embryo umgiebt. Diese wird höher und höher, steigt wie ein grosser Ringwall empor und wölbt sich endlich grottenartig über dem Körper des Embryo zusammen (Fig. 86). Die Ränder der Ringfalte berühren sich (Fig. 78, 3 *am*) und verwachsen mit einander (Fig. 87). So kommt denn zuletzt der Embryo in einen dünnhäutigen Sack zu liegen, der mit dem „Amnionwasser" gefüllt ist (Fig. 78, 4, 5 *ah*).

Nachdem der völlige Verschluss des Sackes erfolgt ist, löst sich die innere Lamelle der Falte, welche die eigentliche Wand des Sackes bildet, vollständig von der äusseren Lamelle ab. Diese letztere legt sich an die äussere Eihaut oder das Chorion inwendig an. Das Amnion selbst, als die grosse den Embryo umschliessende Blase, wird also eigentlich nur von dem inneren Blatte der Falte gebildet, während das äussere Blatt als tapetenartige Auskleidung der inneren Chorion-Fläche dient. Diese äussere Lamelle besteht bloss aus der Hornplatte und heisst von jetzt an die „seröse Hülle" (Fig. 78, 4, 5 *sh*). Die innere Lamelle hingegen oder die Amnion-Haut besteht aus zwei Schichten: erstens einer inneren Schicht, der Hornplatte, und zweitens einer äusseren Schicht, dem Hautfaserblatte (Fig. 86, 87). Das letztere ist hier allerdings sehr dünn und zart, lässt sich aber doch deutlich als eine directe Fortsetzung der Lederhaut, also der äussersten Spaltungslamelle des mittleren Keimblattes, nachweisen. Das Hautfaserblatt kleidet also mit seinem äussersten peripherischen Theile bloss die innere Lamelle der Amnionfalte (der Kopfscheide, Schwanzscheide u. s. w.) aus, und reicht nur bis zum Faltenrand selbst. Die äussere Lamelle wird bloss von der Hornplatte gebildet. Diese legt sich innig an die Innenwand des primitiven Chorion an und bildet später nach dessen Auflösung das secundäre Chorion, dessen hohle verästelte Zotten



Fig. 86.

in die Vertiefungen der mütterlichen Uterus-Schleimhaut hineinwachsen. (S. 473.)

Für die Phylogenie des Menschen ist das Amnion besonders insofern von Interesse, als dasselbe einzig und allein eine Eigenthümlichkeit der drei höheren Wirbelthierklassen ist. Nur die Säugethiere, Vögel und Reptilien besitzen dasselbe, und wir fassen deshalb diese drei Klassen unter dem Namen Amnionthiere oder **Amnioten** zusammen; alle Amnioten, mit Inbegriff des Menschen, stammen von einer gemeinsamen Stammform ab. Hingegen alle niederen Wirbelthiere entbehren dieser Amnionbildung vollständig.



Fig. 87.

Von den drei eben besprochenen blasenförmigen Anhängen des Embryo besitzt das Amnion zu keiner Zeit seiner Existenz Blutgefässe. Hingegen sind die beiden anderen Blasen, Dottersack und Allantois, mit mächtigen Blutgefässen versehen,

Fig. 86. **Querschnitt durch den Embryo** eines Hühnchens in der Nabelgegend (vom fünften Brütetage). Die Amnionfalten (*am*) berühren sich beinahe oben über dem Rücken des Embryo. Der Darm (*d*) geht unten noch offen in den Dottersack über. (*df* Darmfaserblatt.)

welche die Ernährung des embryonalen Körpers vermitteln. Hier dürfte es nun am Orte sein, etwas über den ersten Blutkreislauf des Embryo überhaupt zu bemerken und über das Centralorgan desselben, das Herz. Die ersten Blutgefässe und das Herz, sowie auch das erste Blut selbst, entwickeln sich aus dem Darmfaserblatte, welches deshalb auch von früheren Embryologen geradezu „Gefässblatt" genannt wurde. Die Benennung ist in einem gewissen Sinne ganz richtig. Nur ist sie nicht so zu verstehen, als ob alle Blutgefässe des Körpers aus diesem Blatte hervorgingen, oder als ob das ganze Gefässblatt nur für die Bildung von Blutgefässen verwendet würde. Beides ist nicht der Fall. Vielmehr wissen Sie bereits, dass das Darmfaserblatt ausserdem auch die ganze faserige und muskulöse Wand des Darmrohres, sowie das Gekröse oder Mesenterium bildet. Später werden Sie sehen, dass Blutgefässe auch in anderen Theilen, insbesondere in den verschiedenen Producten des Hautfaserblattes, selbstständig sich bilden können.

Das Herz und die Blutgefässe, sowie überhaupt das ganze Gefäss-System, gehören keineswegs zu den ältesten Theilen des thierischen Organismus. Schon ARISTOTELES hatte angenommen, dass das Herz beim bebrüteten Hühnchen zuerst von allen Theilen gebildet werde; und viele spätere Schriftsteller theilten diese Annahme. Das ist aber keineswegs der Fall. Vielmehr sind die wichtigsten Körpertheile, namentlich die vier secundären Keimblätter, Markrohr und Chorda, bereits angelegt, ehe die erste Spur des Blutgefäss-Systems erscheint. Diese Thatsache ist, wie wir später sehen werden, ganz in Einklang mit der Phylogenie des Thierreichs. Unsere älteren thierischen Vorfahren besassen weder Blut, noch Herz und Blutgefässe.

Die ersten Blutgefässe des Säugethier-Embryo kennen Sie bereits aus den früher von uns untersuchten Querschnitten. Es sind

---

sh Chorda. *sa* Aorta. *vc* Cardinal-Venen. *bh* Bauchwand, noch nicht geschlossen. *v* vordere, *g* hintere Rückenmarks-Nervenwurzeln. *mu* Muskelplatte. *hp* Lederplatte. *h* Hornplatte. (Nach REMAK.)

Fig. 87. Querschnitt durch den Embryo eines Hühnchens in der Schultergegend (vom fünften Brütetage). Der Schnitt geht mitten durch die Anlagen der Vorderbeine (oder Flügel, *E*). Die Amnionfalten sind oben über dem Rücken des Embryo vollständig zusammengewachsen. (Nach REMAK.) Vergl. im Uebrigen Fig. 71 und Fig. 86.

das erstens die beiden Urarterien oder „primitiven Aorten“, welche in den engen Längsspalten zwischen Urwirbelsträngen, Seitenplatten und Darmdrüsenblatt liegen (Fig. 47 *ao*, S. 205; Fig. 50, 51 *ao*, S. 214), und zweitens die beiden Urvenen oder „Cardinal-Venen“, welche etwas später nach aussen von ersteren, oberhalb der Urnierengänge, auftreten (Fig. 51 *vc*, S. 214; Fig. 86 *vc*). Die Urarterien scheinen durch Abspaltung aus den innersten Theilen, die Urvenen hingegen durch Abspaltung aus den äussersten Theilen des Darmfaserblattes zu entstehen.

In ganz derselben Weise und in Zusammenhang mit diesen ersten Gefässen entsteht aus dem Darmfaserblatte auch das Herz, und zwar in der unteren Wand des Vorderarmes, ganz weit vorn an der Kehle, wo das Herz bei den Fischen zeitlebens liegt. Vielleicht wird es Ihnen wenig poetisch erscheinen, dass sich das Herz gerade aus der Darmwand entwickelt. Allein die Thatsache ist nicht zu ändern, und auch phylogenetisch sehr gut begreiflich. Immerhin sind die Wirbelthiere in dieser Beziehung ästhetischer als die Muscheln, bei denen das Herz zeitlebens hinten in der Wand des Mastdarmes, nahe dem After, liegen bleibt.

In der Mitte zwischen den Kiemenbogen der beiden Kopfseiten, und etwas dahinter, an der Kehle des Embryo, entwickelt sich in der unteren Wand der Kopfdarmhöhle eine schwielenartige Verdickung des Darmfaserblattes (Fig. 88 *df*). Das ist die erste Anlage des Herzens. Diese Verdickung ist spindelförmig und anfangs ganz solid, bloss aus Zellen des Darmfaserblattes gebildet. Dann aber krümmt sie sich Sförmig (Fig. 89 *c*), und es entsteht in ihrem Inneren eine kleine Höhlung, indem ein wenig Flüssigkeit sich zwischen den Zellen in der Mitte ansammelt. Einzelne Zellen der Wand lösen sich los und schwimmen in dieser Flüssigkeit umher. Diese Zellen, die sich ablösen, sind die ersten Blutzellen und die Flüssigkeit ist das erste Blut. Dies entsteht also durch Aushöhlung der anfangs soliden und massiven Herzanlage. Ebenso entsteht das Blut auch in den ersten Gefässanlagen, die mit dem Herzen zusammenhängen. Auch diese sind anfangs solide, runde Zellenstränge. Dann höhlen sie sich aus, indem sich Flüssigkeit in ihrer Axe absondert, einzelne Zellen sich ablösen und zu Blutzellen werden. Das gilt ebensowohl von den Arterien oder „Schlagadern“ (die das Blut aus dem Herzen



Fig. 88.

Fig. 89.

wegführen), als von den Venen oder „Blutadern" (welche das Blut zum Herzen zurückleiten).

Anfänglich liegt das Herz in der Darmwand selbst, aus der es entstanden ist, ebenso wie die ersten Haupt-Blutgefässstämme, die von ihm ausgehen. Das Herz selbst ist ja eigentlich weiter Nichts, als eine locale Erweiterung eines solchen Gefässstammes. Bald aber

---

Fig. 88. Längsschnitt durch den Kopf eines Hühner-Embryo, vom Ende des ersten Brütetages. *m* Markrohr. *ch* Chorda. *d* Darmrohr (vorn blind geschlossen). *k* Kopfplatten. *df* erste Anlage des Herzens (in dem Darmfaserblatte der Bauchwand des Kopfdarmes). *hh* Herzhöhle. *hk* Herzkappe. *kk* Kopfkappe des Amnion. *ks* Kopfscheide. *h* Hornplatte. (Nach REMAK.)

Fig. 89. Menschlicher Embryo von 14—18 Tagen, von der Bauchseite geöffnet. Unter dem Stirnfortsatze des Kopfes *(t)* zeigt sich in der Herzhöhle *(p)* das Herz *(c)* mit der Basis der Aorta *(b)*. Der Dottersack *(o)* ist grösstentheils entfernt (bei *x* Einmündung des Vorderdarmes). *g* Primitive Aorten (unter den Urwirbeln gelegen). *i* Enddarm. *a* Allantois (*u* deren Stiel). *v* Amnion. (Nach COSTE.)

schnürt sich das Herz von seiner Ursprungsstätte ab, und kommt nun frei in eine Höhle zu liegen, welche die **Herzhöhle** heisst (Fig. 90 *hh*, 91 *hh*). Diese Herzhöhle ist weiter Nichts als der vor-

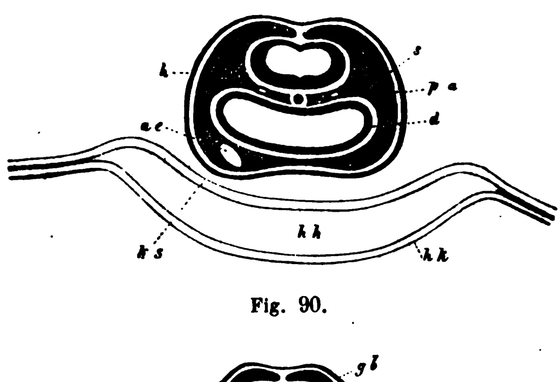


Fig. 90.

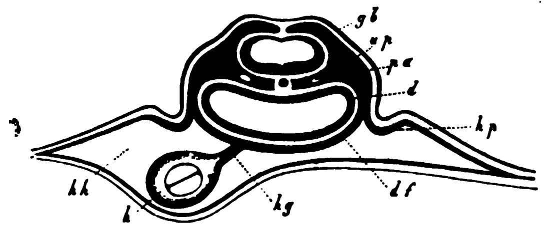


Fig. 91.

derste Theil der Leibeshöhle oder des Coeloms, welcher als hufeisenförmiger Bogen die rechte und linke Coelomspalte (Fig. 85) mit einander verbindet. Die Wand der Herzhöhle wird daher wie die der übrigen Leibeshöhle theils von dem Darmfaserblatte (Fig. 91 *df*), theils von dem Hautfaserblatte gebildet (Fig. 91 *hp*). Während sich

---

Fig. 90. **Querschnitt durch den Kopf** eines Hühner-Keimes von 36 Stunden. Unterhalb des Markrohres sind in den Kopfplatten (*s*) die beiden primitiven Aorten sichtbar (*pa*) beiderseits der Chorda. Unterhalb des Schlundes (*d*) sieht man das Aorten-Ende des Herzens (*ae*). *hh* Herzhöhle. *hk* Herzkappe. *ks* Kopfscheide, Amnionfalte. *h* Hornplatte. (Nach Remak.)

Fig. 91. **Querschnitt durch die Herzgegend** desselben Hühner-Keimes (hinter dem vorigen). In der Herzhöhle (*hh*) ist das Herz (*h*) noch durch ein Herzgekröse (*hg*) mit dem Darmfaserblatt (*df*) des Vorderdarmes verbunden. *d* Darmdrüsenblatt. *up* Urwirbelplatten. *gb* Anlage des Gehörbläschens in der Hornplatte. *hp* erste Erhebung der Amnionfalte. (Nach Remak.)

das Herz von dem Vorderdarm abschnürt, hängt es kurze Zeit noch durch eine dünne Platte, ein „Herzgekröse“ (Fig. 91 *hg*), mit ersterem zusammen. Nachher liegt es ganz frei in der Herzhöhle und steht nur noch durch die von ihm ausgehenden Gefässstämme mit der Darmwand in directer Verbindung.

Das vordere Ende des spindelförmigen Herzschlauches, der bald eine Sförmig gekrümmte Gestalt annimmt, spaltet sich in einen rechten und linken Ast. Diese beiden Röhren sind bogenförmig nach oben gekrümmt und stellen die beiden ersten Aorten-Bogen dar. Sie steigen in der Wand des Vorderdarmes empor, den sie gewissermaassen umschlingen, und vereinigen sich dann oben, an der oberen Wand der Kopfdarmhöhle, zu einem grossen unpaaren Arterien-Stamm, der unmittelbar unter der Chorda nach hinten verläuft und der Aorten-Stamm (*Aorta principalis*) genannt wird (Fig. 92 *a*). Das erste Aortenbogen-Paar steigt an der Innenwand des ersten Kiemenbogen-Paares empor und liegt also zwischen dem ersten Kiemenbogen (Fig. 92 *b*) nach aussen und dem Vorderdarm (Fig. 92 *d*) nach innen, gerade so wie diese Gefässbogen beim erwachsenen Fische zeitlebens liegen. Der unpaare Aorten-Stamm, welcher aus der oberen Vereinigung dieser beiden ersten Gefässbogen hervorgeht, spaltet sich alsbald wieder in zwei parallele Aeste, die beiderseits der Chorda nach hinten verlaufen. Das sind die Ihnen bereits bekannten „primitiven Aorten“, die auch hintere Wirbel-Arterien heissen



Fig. 92.

Fig. 92. Schematischer Querschnitt durch den Kopf eines Säugethier-Embryo. *h* Hornplatte. *m* Markrohr (Hirnblase). *mr* Wand desselben. *l* Lederplatte. *s* Schädel-Anlage. *ch* Chorda. *k* Kiemenbogen. *mp* Muskelplatte. *c* Herzhöhle, vorderster Theil der Leibeshöhle (Coelom). *d* Darmrohr. *dd* Darmdrüsenblatt. *df* Darmmuskelplatte. *hg* Herzgekröse. *hw* Herzwand. *hk* Herzkammer. *ab* Aortenbogen. *a* Querschnitt des Aortenstammes.

(*Arteriae vertebrales posteriores*, Fig. 89 *g*). Hinten geben nun diese beiden Arterienstämme jederseits unter rechten Winkeln 4—5 Aeste ab, welche aus dem Embryokörper hinüber in den Fruchthof treten und Nabelgekrös-Arterien (*Arteriae omphalo-mesentericae*) oder Dotter-Arterien (*Arteriae vitellinae*) heissen. Sie stellen die erste Anlage eines Fruchthof-Kreislaufes dar. Die erste Gefässbildung geht also über den Embryokörper hinaus und erstreckt sich bis zum Rande des Fruchthofes. Es entstehen zahlreiche Gefässe in dem Darmfaserblatte des Fruchthofes. Anfangs bleiben sie auf den dunkeln Fruchthof oder den sogenannten „Gefässhof" (Area opaca oder Area vasculosa) beschränkt. Später aber dehnen sie sich über die ganze Oberfläche der Keimblase aus. Der ganze Dottersack erscheint zuletzt von einem Gefässnetze überzogen. Diese Blutgefässe



Fig. 93.

Fig. 93. Embryo und Fruchthof eines Kaninchens, bei dem die erste Anlage der Blutgefässe erscheint, von der Bauchseite gesehen, etwa 10mal vergrössert. Das hintere Ende des einfachen Herzens (*a*) spaltet sich in zwei starke Dottervenen, welche in dem dunkeln (auf dem schwarzen Grunde hell erscheinenden) Fruchthofe ein Gefässnetz bilden. Am Kopfende sieht man das Vorderhirn mit den beiden Augenblasen (*b*, *b*). Die dunklere Mitte des Keimes ist die weit offene Darmhöhle. Beiderseits der Chorda sind 10 Urwirbel sichtbar. (Nach Bischoff.)

haben die Aufgabe, Nahrungstoffe aus dem Inhalte des Dottersackes zu sammeln und dem embryonalen Körper zuzuführen. Das geschieht durch Venen, durch rückführende Gefässe, welche erst vom Fruchthofe und später vom Dottersacke in das hintere Ende des Herzens hineintreten. Diese Venen heissen Dotter-Venen (*Venae vitellinae*); sie werden auch häufig Nabelgekrös-Venen (*Venae omphalomesentericae*) genannt.

Der erste Blutkreislauf des Embryo, welcher in Fig. 93 und 94 dargestellt ist, zeigt also bei allen höheren Wirbelthierklassen fol-



Fig. 94.

Fig. 94. Embryo und Fruchthof eines Kaninchens, bei dem das erste Blutgefäss-System völlig ausgebildet ist, von der Bauchseite gesehen, etwa 5mal vergrössert. Das hintere Ende des Sförmig gekrümmten Herzens (*d*) spaltet sich in zwei starke Dottervenen, von denen jede einen vorderen Ast (*b*) und einen hinteren Ast (*c*) abgiebt. Die Enden derselben vereinigen sich in der ringförmigen Grenzvene (*a*). In dem Fruchthofe ist das gröbere (tiefer gelegene) venöse Netz und das feinere (mehr oberflächlich gelegene) arterielle Netz sichtbar. Die Dotter-Arterien (*f*) münden in die beiden primitiven Aorten (*e*). Der dunkle Hof, welcher wie ein Heiligenschein den Kopf umgiebt, entspricht der Vertiefung der Kopfkappe. (Nach BISCHOFF.)

gende einfache Anordnung. Das ganz einfache schlauchförmige Herz (Fig. 93 *a*, Fig. 94 *d*) spaltet sich vorn sowohl als hinten in zwei Gefässe. Die hinteren Gefässe sind die zuführenden Dottervenen. Sie nehmen Nahrungssubstanz aus der Keimblase oder dem Dottersacke auf und führen diese dem Embryokörper zu. Die vorderen Gefässe sind die abführenden Kiemenbogen-Arterien, welche als aufsteigende Aortenbogen das vordere Darmende umschlingen und in dem Aorten-Stamm sich vereinigen. Die beiden Aeste, welche aus der Spaltung dieser Hauptarterie entstehen, die „primitiven Aorten", geben rechts und links die Dotter-Arterien ab, welche aus dem Embryokörper austreten und in den Fruchthof übergehen. Hier und in der Peripherie der Nabelblase unterscheidet man zwei Schichten von Gefässen, die oberflächliche Arterien-Schicht und die untere Venen-Schicht (Fig. 94). Beide hängen zusammen. Anfangs ist dieses Gefäss-System nur über die Peripherie des Fruchthofes bis zu dessen Rande ausgedehnt. Hier am Rande des dunkeln Gefässhofes vereinigen sich alle Aeste in einer grossen Randvene (*Vena terminalis*, Fig. 94 *a*). Später verschwindet diese Vene, sobald im Laufe der Entwickelung die Gefässbildung weiter geht und dann überziehen die Dotter-Gefässe oder Nabelgekrösgefässe den ganzen Dottersack. Mit der Rückbildung des Nabelbläschens werden natürlich auch diese Gefässe rückgebildet, welche bloss in der ersten Zeit des Embryo-Lebens von Bedeutung sind.

An die Stelle dieses ersten Dottersack-Kreislaufes tritt später der zweite Blutkreislauf des Embryo, derjenige der Allantois. Es entwickeln sich nämlich mächtige Blutgefässe auf der Wand des Ur-Harnsackes oder der Allantois, ebenfalls aus dem Darmfaserblatte. Diese Gefässe werden grösser und grösser und hängen auf das engste mit den Gefässen zusammen, welche sich im Körper des Embryo selbst entwickeln. So tritt allmählich diese secundäre Allantois-Circulation an die Stelle der ursprünglichen, primären Dottersack-Circulation. Nachdem die Allantois an die Innenwand des Chorion herangewachsen ist und sich in die Placenta verwandelt hat, vermitteln diese Blutgefässe allein die Ernährung des Embryo. Sie heissen Nabel-Gefässe (*Vasa umbilicalia*), und sind ursprünglich doppelt: ein Paar Nabel-Arterien und ein Paar Nabel-Venen. Die beiden Nabel-Venen (*Venae umbilicales*, Fig. 73 *u*, 74 *u*, S. 264), welche Blut aus der Placenta zum Herzen hinführen, münden anfänglich in

die vereinigten Dotter-Venen ein. Später vergehen die letzteren und zugleich verschwindet die rechte Nabel-Vene ganz, so dass nunmehr bloss ein einziger mächtiger Venen-Stamm, die linke Umbilical-Vene, alles ernährende Blut von der Placenta in das Herz des Embryo führt. Die beiden Arterien der Allantois oder die Nabel-Arterien (*Arteriae umbilicales*, Fig. 73 *n*, 74 *n*, S. 264) sind weiter Nichts als die letzten, hintersten Enden der beiden primitiven Aorten, die sich später mächtig entwickeln. Erst nach Beendigung des neunmonatlichen Embryo-Lebens, wenn der menschliche Embryo durch den Geburts-Akt als selbstständiges physiologisches Individuum in die Welt tritt, hört die Bedeutung dieses Nabelkreislaufes auf. Der Nabelstrang (Fig. 84 *as*), in welchem diese mächtigen Blutgefässe vom Embryo zur Placenta gehen, wird mit der letzteren als sogenannte „Nachgeburt" entfernt, und gleichzeitig mit der Lungen-Athmung tritt eine ganz neue, auf den Körper des Kindes allein beschränkte Form des Blutkreislaufes in Wirksamkeit[54].

Wenn wir jetzt schliesslich noch einen flüchtigen Rückblick auf die von uns verfolgte Keimesgeschichte des Menschen werfen und das Gesammtbild derselben übersichtlich zusammenzufassen versuchen, so erscheint es vortheilhaft, mehrere Hauptabschnitte oder Perioden und untergeordnete Stadien oder Stufen darin zu unterscheiden. Mit Rücksicht auf die phylogenetische Bedeutung derselben, die wir demnächst genauer kennen lernen werden, erscheint es mir am passendsten, die nachstehend charakterisirten vier Hauptabschnitte und zehn Stufen zu unterscheiden, welche den wichtigsten phylogenetischen Entwickelungs-Stufen unserer thierischen Vorfahren entsprechen (vergl. die XIX. Tabelle, S. 494, am Schlusse des neunzehnten Vortrages). Sie werden sich dabei zugleich auf's Neue überzeugen, wie die Keimesgeschichte des Menschen (entsprechend dem Gesetze der abgekürzten Vererbung) in den ersten Stadien sehr rasch und zusammengedrängt verläuft, in jedem späteren Stadium aber sich immer mehr verlangsamt[55]. Alle die merkwürdigen Erscheinungen, welche wir während des ganzen Verlaufes unserer Ontogenie in der Formwandelung des menschlichen Keimes wahrnehmen, können einzig und allein durch die Phylogenie des Menschen verstanden und nur durch Beziehung auf die historische Metamorphose unseres thierischen Stammes erklärt werden.

Vierte Tabelle.

Uebersicht über die Abschnitte der menschlichen Keimesgeschichte. (Vergl. die XIX. Tabelle, S. 494—495.)

Erster Hauptabschnitt der Keimesgeschichte.

Der Mensch als einfache Plastide.

Der menschliche Embryo besitzt den Formwerth eines einfachen Individuums erster Ordnung, einer einzigen Plastide.

Erste Stufe: **Monerula-Stadium** (Fig. 14, S. 143).

Der Menschen-Keim ist eine einfache Cytode (die befruchtete Eizelle nach Verlust des Keimbläschens).

Zweite Stufe: **Ovulum-Stadium** (Fig. 15, S. 144).

Der Menschen-Keim ist eine einfache Zelle (die befruchtete Eizelle mit neugebildetem Keimbläschen).

Zweiter Hauptabschnitt der Keimesgeschichte.

Der Mensch als vielzelliges Urthier.

Der menschliche Embryo besteht aus vielen Zellen, die aber noch nicht in Keimblätter differenzirt sind; er besitzt daher den Formwerth eines Individuums zweiter Ordnung, eines Idorgans.

Dritte Stufe **Morula-Stadium** (Fig. 16, S. 144).

Der Menschen-Keim ist ein sogenannter „Maulbeer-Dotter", ein kugeliger Haufen von gleichartigen Zellen (S. 146).

Vierte Stufe: **Blastosphaera-Stadium** (Fig. 19, S. 147).

Der Menschen-Keim ist eine kugelige Keimhautblase (*Vesicula blastodermica*), deren Wand aus einer einzigen Zellenschicht besteht.

Dritter Hauptabschnitt der Keimesgeschichte.

Der Mensch als wirbelloses Darmthier.

Der menschliche Embryo besitzt den Formwerth eines Individuums dritter Ordnung, einer ungegliederten Person (eines einzigen Metameres). Die Urdarmhöhle (der Hohlraum der Keimhautblase) ist von zwei primären Keimblättern umschlossen, aus denen durch Spaltung alsbald vier secundäre Keimblätter hervorgehen.

Fünfte Stufe: **Gastrula-Stadium** (Fig. 20, S. 149; Fig. 49, I, S. 210)

Der Menschen-Keim bildet eine scheibenförmige Verdickung an einer Stelle der kugeligen Keimhautblase, die aus den beiden primären Keimblättern besteht, Hautblatt und Darmblatt.

Sechste Stufe: **Chordonium-Stadium** (Fig. 45, S. 202; Fig. 46, S. 204).

Der Menschen-Keim besitzt im Wesentlichen die Organisation eines Wurmes, als dessen nächste heute lebende Verwandte die Ascidien-Larve erscheint. Aus den beiden primären Keimblättern sind vier secundäre Keimblätter entstanden, in der Mittellinie verwachsen.

Vierter Hauptabschnitt der Keimesgeschichte.

Der Mensch als wahres Wirbelthier.

Der menschliche Embryo besitzt den Formwerth einer gegliederten Person oder einer Metameren-Kette. Die Gliederung oder Metameren-Bildung betrifft vorzugsweise das Skelet-System (Urwirbel) und Muskel-System, demnächst das Nerven-System und Blutgefäss-System. Das Hautsinnesblatt ist in Hornplatte, Markrohr und Urnieren geschieden. Das Hautfaserblatt ist in Lederplatte, Urwirbel (Muskelplatte und Skeletplatte) und Chorda zerfallen. Aus dem Darmfaserblatte entsteht das Herz mit den Hauptblutgefässen und die fleischige Darmwand. Aus dem Darmdrüsenblatte ist das Epithelium des Darmrohres gebildet.

Siebente Stufe: **Acranier-Stadium** (Fig. 61, S. 241; Fig. 63, S. 242).

Der Menschen-Keim besitzt im Wesentlichen die Organisation eines schädellosen Wirbelthieres, ähnlich dem entwickelten Amphioxus. Der Körper bildet bereits eine Metameren-Kette, da mehrere Urwirbel sich gesondert haben. Der Kopf ist aber noch nicht deutlich vom Rumpfe gesondert. Das Markrohr ist noch nicht in Hirnblasen zerfallen. Der Schädel fehlt noch; ebenso Herz, Kiefer und Gliedmaassen.

Achte Stufe: **Cyclostomen-Stadium** (Fig. 82, S. 272; Taf. V, Fig. M I).

Der Menschen-Keim besitzt im Wesentlichen die Organisation eines kieferlosen Schädelthieres (ähnlich den entwickelten Myxinoiden und Petromyzonten). Die Zahl der Metameren nimmt zu. Der Kopf sondert sich deutlicher vom Rumpfe. Das vordere Ende des Markrohres schwillt blasenförmig an und bildet die Gehirn-Anlage, welche sich bald in fünf hinter einander liegende Hirnblasen sondert. Seitlich davon erscheinen die Anlagen der drei höheren Sinnesorgane: Geruchsgruben, Augenbläschen und Gehörbläschen. Mit dem ersten Blutkreislauf beginnt das Herz seine Thätigkeit. Kiefer und Gliedmaassen fehlen noch.

Neunte Stufe: **Ichthyoden-Stadium** (Fig. 83, S. 272; Taf. V, Fig. M II).

Der Menschen-Keim besitzt im Wesentlichen die Organisation eines Fisches (oder eines fischartigen Schädelthieres). Die beiden Gliedmaassen-Paare erscheinen in einfachster Form, als flossenartige Knospen: ein Paar Vorderbeine (Brustflossen) und ein Paar Hinterbeine (Bauchflossen). Die Kiemenspalten öffnen sich vollständig und zwischen ihnen bilden sich die Kiemenbogen aus; das erste Kiemenbogen-Paar sondert sich in die Anlage des Oberkiefers und Unterkiefers. Aus dem Darmcanal wachsen Lunge (Schwimmblase), Leber und Pancreas hervor.

Zehnte Stufe: **Amnioten-Stadium** (Taf. V, Fig. M III: Taf. VI).

Der Menschen-Keim besitzt im Wesentlichen die Organisation eines Amnioten (eines höheren, kiemenlosen Wirbelthieres). Die Kiemenspalten verschwinden durch Verwachsung. Aus den Kiemenbogen entwickeln sich die Kiefer, das Zungenbein und die Gehörknöchelchen. Die Allantois bildet sich vollständig aus nnd verwandelt sich im peripherischen Theile in die Placenta. Alle Organe des Körpers erlangen allmählich die den Säugethieren zukommende und zuletzt die specifisch menschliche Bildung. Vergl. hierüber die nachfolgende Phylogenie 55).

Erklärung von Tafel VI.

(Beide Figuren sind nach ERDL [Entwickelung des Menschen] copirt.)

Fig. 1. Ein menschlicher Embryo von neun Wochen, aus den Eihüllen herausgenommen, dreimal vergrössert. (ERDL, Taf. XII, Fig. 1—5.) Der Schädel ist noch ganz durchsichtig, so dass die einzelnen Abtheilungen des Gehirns hindurchschimmern; das grosse Mittelhirn (Vierhügel) ist von dem wenig grösseren Vorderhirn (Grosshirn) durch eine seichte Furche, hingegen von dem kleineren Hinterhirn (Kleinhirn) durch einen tiefen Einschnitt getrennt. Die Stirn ist sehr stark nach vorn gewölbt, die Nase noch sehr unentwickelt, das Auge noch unverhältnissmässig gross und weit offen; oberes und unteres Augenlid stehen noch weit von einander ab. Eine tiefe Wangenfurche zieht vom inneren Augenwinkel nach dem Mundwinkel herab und deutet die Verwachsung des Oberkiefers mit dem Stirnfortsatze an. Die Oberlippe ist noch sehr kurz und dick aufgewulstet; die Unterlippe sehr dünn; das Kinn ist niedrig und tritt sehr zurück. Ueberhaupt ist das Gesicht im Verhältniss zum Hirnschädel noch sehr klein. Die Ohrmuschel ist auch sehr klein, dagegen die äussere Gehöröffnung sehr gross. Der Hals ist noch sehr kurz, der Rumpf nur um ein Drittel länger als der Kopf, gleichförmig dick und gegen den Schwanz in eine stumpfe Spitze auslaufend. Die beiden Gliedmaassen-Paare sind bereits vollständig gegliedert. Die Vorderbeine (Arme) sind etwas kürzer als die Hinterbeine. Oberarm und Unterarm sind im Verhältniss zur Hand sehr kurz, ebenso Oberschenkel und Unterschenkel im Verhältniss zum Fuss. Die Finger an der Hand sind nur noch unvollständig, dagegen die Zehen am Fusse noch vollständig bis zur Spitze durch eine Schwimmhaut verbunden, flossenartig.

Fig. 2. Ein menschlicher Embryo von zwölf Wochen, innerhalb der Eihüllen, in natürlicher Grösse (ERDL, Taf. XI, Fig. 2). Der Embryo ist vollständig in dem mit Fruchtwasser gefüllten Amnionsack eingeschlossen, wie in einem Wasserbade. Der Nabelstrang, welcher vom Nabel des Embryo zum Chorion hingeht, ist scheidenartig von einer Fortsetzung des Amnion überzogen, welches an seiner Anheftungsstelle Falten schlägt. Oben bilden die dicht zusammengedrängten und verästelten Chorion-Zotten den Gefässkuchen oder die Placenta. Der untere Theil des Chorion (aufgeschnitten und in viele zarte Falten gelegt) ist glatt und zottenlos. Unter demselben hängt noch in gröberen Falten die ebenfalls aufgeschnittene und ausgebreitete „Decidua des Uterus" oder die „hinfällige Haut des Fruchtbehälters" herab. Der Kopf und die Gliedmaassen des Embryo sind bereits bedeutend weiter entwickelt, als in Fig. 1.

Dreizehnter Vortrag.

Der Körperbau des Amphioxus und der Ascidie.

„Die Urgeschichte der Art wird in ihrer Entwickelungsgeschichte um so vollständiger erhalten sein, je länger die Reihe der Jugendzustände ist, die sie gleichmässigen Schrittes durchläuft, und um so treuer, je weniger sich die Lebensweise der Jungen von der der Alten entfernt, und je weniger die Eigenthümlichkeiten der einzelnen Jugendzustände als aus späteren in frühere Lebensabschnitte zurückverlegt, oder als selbstständig erworben sich auffassen lassen."

FRITZ MÜLLER (1864).

Inhalt des dreizehnten Vortrages.

Die causale Bedeutung des biogenetischen Grundgesetzes. Beschränkung desselben durch die Gesetze der abgekürzten und der gefälschten Vererbung. Methode der Phylogenie nach dem Muster der Geologie. Ideale Ergänzung neben Zusammenstellung realer Bruchstücke. Sicherheit und Berechtigung der phylogenetischen Hypothesen. Bedeutung des Amphioxus und der Ascidie. Naturgeschichte und Anatomie des Amphioxus. Aeussere Körperform. Hautbedeckung. Chorda. Rückenmark. Sinnesorgane. Darm mit vorderem Athmungstheil (Kiemendarm) und hinterem Verdauungstheil (Magendarm). Blutgefässe. Geschlechtsorgane. Urnieren. Vergleichung des Amphioxus mit den jugendlichen Lampreten oder Petromyzonten. Vergleichung des Amphioxus mit der Ascidie. Anatomie der Ascidie. Cellulose-Mantel. Kiemensack. Darm. Nervenknoten. Herz. Geschlechtsorgane.

XIII.

Meine Herren!

Nachdem wir durch unsere bisherigen Untersuchungen die Grundzüge der Ontogenie oder der individuellen Entwickelungsgeschichte des menschlichen Körpers kennen gelernt haben, wenden wir uns jetzt zum zweiten Theil unserer Aufgabe, zur Phylogenie desselben. Das ist die Entwickelungsgeschichte des menschlichen Stammes, oder mit anderen Worten, die paläontologische Entwickelungsgeschichte unserer thierischen Vorfahren. Beim Eintritt in diese Wissenschaft ist es unerlässlich, nochmals auf die volle Bedeutung des biogenetischen Grundgesetzes hinzuweisen, dessen Anerkennung wir als die nothwendige Vorbedingung des Verständnisses der organischen Entwickelungs-Vorgänge ansehen. Wir fassten dasselbe in dem Satze zusammen: „Die Ontogenesis ist ein kurzer Auszug der Phylogenesis." Die Formenreihe, welche der individuelle Organismus vom Ei an bis zur Ausbildung der vollendeten Form durchläuft, ist eine kurze und schnelle Wiederholung der Formenreihe, welche die sämmtlichen Vorfahren dieses Organismus seit Beginn der organischen Erdgeschichte bis zur Gegenwart durchlaufen haben. Diese Wiederholung oder Recapitulation ist bedingt durch die Gesetze der Vererbung, modificirt durch die Gesetze der Anpassung. Den eigentlichen Kern des Verhältnisses bildet der mechanische Causalnexus zwischen den beiden Zweigen der organischen Entwickelungsgeschichte, und dieser findet seinen Ausdruck in dem einfachen Satze: „Die Stammesentwickelung ist die Ursache der Keimesentwickelung, die Phylogenesis ist die *causa efficiens* der Ontogenesis." Wenn die Phylogenesis überhaupt nicht wahr wäre (wie alle Gegner der Descendenz-Theorie behaupten), wenn überhaupt keine Stammesentwickelung vorhanden wäre, so würde

es auch keine Keimesentwickelung, keine Ontogenesis geben; es wäre gar kein Grund vorhanden, warum überhaupt sich der individuelle Organismus entwickelte. Vielmehr sollte man, wenn man die üblichen Schöpfungsvorstellungen sich aneignet, folgerichtig erwarten, dass jeder Organismus gleich fertig, im vollendeten Zustande geschaffen sei. Jeder einzelne Mensch müsste dann in derselben Weise „erschaffen" sein, wie es der jüdische Schöpfungs-Mythus des Moses von Adam erzählt, und wie es auch heute noch von so vielen „Gebildeten" geglaubt wird. Für die Anhänger solcher Schöpfungs-Mythen ist eigentlich gar kein Grund einzusehen, weshalb z. B. jedes menschliche Individuum neun Monate im Mutterleibe verweilen und innerhalb der Eihüllen eine Reihe der wunderbarsten Formenveränderungen durchlaufen muss. Dieser ganz einfache Gedanke ist den meisten Naturforschern niemals nahe getreten. Man hat die Thatsachen der Ontogenesis als unerklärliche Schöpfungswunder angestaunt, ohne sich überhaupt zu fragen, warum dieselben da sind. **Nur die Phylogenesis erklärt uns überhaupt die Existenz der Ontogenesis**: die Stammesgeschichte enthüllt uns die wahren Ursachen der Keimesgeschichte.

Wenn nun unser biogenetisches Grundgesetz wörtlich in seinem ganzen Umfange unbeschränkte Geltung hätte, so wäre es eine sehr einfache Aufgabe, die ganze Phylogenie auf Grundlage der Ontogenie herzustellen. Wenn man wissen wollte, von welchen Vorfahren jeder höhere Organismus, also auch der Mensch, abstamme, und aus welchen Formen sich sein Geschlecht als Ganzes entwickelt habe, so brauchte man bloss einfach den Lauf der Ontogenesis, die Formenkette der individuellen Entwickelung vom Ei an genau zu verfolgen; man würde dann jeden hier vorkommenden Formzustand ohne Weiteres als Repräsentanten einer ausgestorbenen alten Ahnenform betrachten können. Nun ist aber diese unmittelbare Uebertragung der ontogenetischen Thatsachen auf phylogenetische Vorstellungen nur bei einem verhältnissmässig kleinen Theile von Thieren direct gestattet. Es giebt allerdings auch jetzt noch eine grosse Anzahl von niederen wirbellosen Thieren, wo wir jede in der Ontogenesis auftretende Form ohne Weiteres als die historische Wiederholung oder das portraitähnliche Schattenbild einer ausgestorbenen Ahnenform zu deuten berechtigt sind. Aber bei der grossen Mehrzahl der Thiere und auch beim Menschen ist das deshalb nicht möglich, weil zwei wich-

tige Umstände die absolute Gültigkeit des biogenetischen Grundgesetzes stark beschränken.

Während der unermesslichen Dauer der organischen Erdgeschichte, während der vielen Millionen Jahre, in denen sich das organische Leben auf unserem Planeten entwickelte, haben bei den meisten Thieren secundäre Veränderungen der Ontogenesis stattgefunden, welche zuerst FRITZ MÜLLER-DESTERRO klar erkannt und in seiner geistvollen Schrift „Für Darwin“ in folgendem Satze ausgesprochen hat: „Die in der Entwickelungsgeschichte (des Individuums) erhaltene geschichtliche Urkunde wird allmählich verwischt, indem die Entwickelung einen immer geraderen Weg vom Ei zum fertigen Thiere einschlägt, und sie wird häufig gefälscht durch den Kampf um's Dasein, den die frei lebenden Larven zu bestehen haben.“ Die erste Erscheinung, die Verwischung des ontogenetischen Auszuges ist durch das Gesetz der vereinfachten oder abgekürzten Vererbung bewirkt, Die zweite Erscheinung, die Fälschung des ontogenetischen Auszuges, ist durch das Gesetz der abgeänderten oder gefälschten Vererbung bedingt. Nach diesem letzteren Gesetze können die Jugendformen der Thiere (nicht bloss die freilebenden Larven, sondern auch die im Mutterleibe eingeschlossenen Embryonen) durch die Einflüsse der nächsten Umgebung ebenso umgebildet werden, wie die ausgebildeten Thiere durch die Anpassung an die äusseren Existenzbedingungen; die Arten werden selbst während der Ontogenesis abgeändert. Nach dem Gesetze der abgekürzten Vererbung aber besteht bei allen höheren Organismen (und zwar um so mehr, je höher sie entwickelt sind) eine Neigung, den ursprünglichen Entwickelungsgang abzukürzen, zu vereinfachen und dadurch die Erinnerung an die Vorfahren zu verwischen. Je höher der einzelne Organismus im Thierreiche steht, desto weniger vollständig wiederholt er während seiner Ontogenese die ganze Reihe der Vorfahren, aus Gründen, die zum Theil bekannt, zum Theil noch verborgen sind. Die Thatsache ergiebt sich einfach aus der Vergleichung der verschiedenen individuellen Entwickelungsgeschichten höherer und niederer Thiere in jedem Stamme [56]).

Natürlich müssen diese beiden wichtigen Gesetze der gefälschten und der abgekürzten Vererbung die wahre Erkenntniss der Phylogenesis aus den Thatsachen der Ontogenesis bedeutend erschweren und unsicher machen. Wir werden dadurch gezwungen, ein ver-

gleichendes Verfahren einzuschlagen, wenn wir die wahre Stammesgeschichte annähernd erkennen wollen. Am besten eignen wir uns zu diesem Zwecke diejenige Methode an, welche schon seit langer Zeit die Geologen benutzen, um die Reihenfolge der sedimentären Gesteine unserer Erdrinde festzustellen. Sie wissen, dass die feste Rinde unseres Erdballs, welche als dünne Schale die gluthflüssige innere Hauptmasse desselben umschliesst, aus zweierlei verschiedenen Hauptklassen von Gesteinen zusammengesetzt ist: erstens aus den sogenannten vulcanischen (oder plutonischen) Felsmassen, welche unmittelbar durch Erstarrung der geschmolzenen inneren Erdmasse an der Oberfläche entstanden sind, — und zweitens aus den sogenannten neptunischen (oder sedimentären) Gesteinen, welche durch die umbildende Thätigkeit des Wassers aus den ersteren entstanden, und schichtenweise über einander auf dem Boden der Gewässer abgesetzt sind. Zuerst bildete jede dieser neptunischen Schichten ein weiches Schlammlager; im Laufe der Jahrtausende aber verdichtete sich dasselbe zu fester, harter Felsmasse (Sandstein, Mergel, Kalkstein u. s. w.), und schloss zugleich bleibend die festen und unverweslichen Körper ein, welche zufällig in den weichen Schlamm hinein gerathen waren. Zu diesen Körpern, die auf solche Weise entweder selbst „versteinert wurden" oder charakteristische Abdrücke ihrer Körperform im weichen Schlamm hinterliessen, gehören vor allen die festeren Theile der Thiere und Pflanzen, die während Ablagerung jener Schlammschicht daselbst lebten und starben.

Jede neptunische Gesteinsschicht enthält demnach ihre charakteristischen Versteinerungen, die Reste von Thieren und Pflanzen, welche während jener bestimmten Periode der Erdgeschichte gelebt haben. Indem man nun diese Schichten vergleichend zusammenstellt, ist man im Stande, die ganze Reihe der Erdperioden im Zusammenhange zu übersehen. Alle Geologen sind jetzt darüber einig, dass eine solche bestimmte historische Reihenfolge von Gebirgsformationen nachzuweisen ist, und dass die untersten dieser Schichten in uralten, die obersten derselben in den jüngsten Zeiten abgelagert worden sind. Aber an keiner Stelle der Erde findet sich die ganze Reihenfolge der Schichtensysteme vollständig über einander; an keiner Stelle ist dieselbe auch nur annähernd vollständig beisammen. Vielmehr ist die Reihenfolge der verschiedenen Erdschichten und der ihnen entsprechenden Zeiträume der Erdgeschichte, wie sie all-

gemein von den Geologen angenommen wird (S. 350, 351), nur eine ideale, in der Wirklichkeit nicht vorhandene Construction, entstanden durch Zustammenstellung der einzelnen Erfahrungen, welche an verschiedenen Stellen der Erdoberfläche über die Aufeinanderfolge der Schichten gemacht worden sind (Vergl. den XV. Vortrag).

Ganz genau ebenso werden wir jetzt bei der Phylogenie des Menschen verfahren. Wir werden versuchen, aus verschiedenen phylogenetischen Bruchstücken, die sich bei sehr verschiedenen Gruppen des Thierreichs vorfinden, ein ungefähres Gesammtbild von der Ahnen-Reihe des Menschen zusammenzusetzen. Sie werden sehen, dass wir wirklich im Stande sind, durch die richtige Zusammenstellung und Vergleichung der Ontogenese von sehr verschiedenen Thieren uns ein annähernd vollständiges Bild von der paläontologischen Entwickelungsgeschichte der Vorfahren des Menschen und der Säugethiere zu verschaffen; ein Bild, welches wir aus der Ontogenese der Säugethiere allein niemals hätten erschliessen können. In Folge der beiden angeführten Gesetze, der gefälschten und der abgekürzten Vererbung, sind in der individuellen Entwickelungsgeschichte des Menschen und der übrigen Säugethiere ganze Entwickelungsreihen niederer Stufen, besonders aus den frühesten Perioden ausgefallen oder durch Abänderungen gefälscht. Aber bei niederen Wirbelthieren und bei deren wirbellosen Vorfahren treffen wir statt dessen gerade jene niederen Formstufen in ihrer ursprünglichen Reinheit vollständig an. Insbesondere haben sich bei dem allerniedrigsten Wirbelthiere, beim Amphioxus, gerade die ältesten Stammformen noch vollständig in der Ontogenese conservirt. Weiterhin finden sich wichtige Anhaltspunkte bei den Fischen vor, welche zwischen den niederen und höheren Wirbelthieren in der Mitte stehen und uns wieder den Verlauf der Phylogenesis einige Perioden weiter aufklären. Endlich kommen die höchsten Wirbelthiere, bei denen die mittleren und älteren Entwickelungsstadien der Vorfahren entweder gefälscht oder abgekürzt sind, wo wir aber die neueren Stadien des phylogenetischen Processes in der Ontogenesis noch heute wohl conservirt finden. Wir sind also im Stande, indem wir die individuellen Entwickelungsgeschichten der verschiedenen Wirbelthier-Gruppen zusammenstellen und vergleichen, uns ein annähernd vollständiges Bild von der paläontologischen Entwickelungsgeschichte der Vorfahren des Menschen innerhalb des Wirbelthierstammes zu verschaffen; und indem wir von den

niedersten Wirbelthieren noch tiefer hinabsteigen und deren Keimesgeschichte mit derjenigen der stammverwandten wirbellosen Thiere vergleichen, können wir den Stammbaum unserer thierischen Ahnen noch viel weiter, bis zu den niedersten Pflanzenthieren und Urthieren hinab, verfolgen.

Indem wir nun jetzt den dunkeln Pfad dieses phylogenetischen Labyrinthes betreten, fest haltend an dem Ariadne-Faden des biogenetischen Grundgesetzes und geleitet von der Leuchte der vergleichenden Anatomie, werden wir zunächst nach der eben erörterten Methode aus den mannichfaltigen Keimesgeschichten sehr verschiedener Thiere diejenigen Fragmente herausfinden und ordnen müssen, aus denen sich die Stammesgeschichte des Menschen zusammensetzen lässt. Dabei möchte ich Sie noch besonders darauf aufmerksam machen, dass wir uns dieser Methode hier ganz mit derselben Sicherheit und mit demselben Rechte bedienen, wie in der Geologie. Kein Geologe hat mit Augen gesehen, dass die ungeheuren Gebirgsmassen, welche unsere Steinkohlen-Formation, unser Salzgebirge, den Jura, die Kreide u. s. w. zusammensetzen, wirklich aus dem Wasser abgesetzt worden sind. Dennoch zweifelt kein Einziger daran. Auch hat kein Geologe wirklich beobachtet, dass diese verschiedenen neptunischen Gebirgs-Formationen in einer bestimmten Reihenfolge nach einander entstanden sind, und dennoch sind Alle einstimmig von dieser Reihenfolge überzeugt. Das rührt daher, dass eben nur durch die hypothetische Annahme jener neptunischen Schichtenbildung und dieser Reihenfolge sich überhaupt die Natur und die Entstehung aller jener Gebirgsmassen begreifen lässt. Weil dieselbe allein durch die angeführten geologischen Hypothesen sich begreifen und erklären lässt, deshalb gelten diese Hypothesen allgemein als sichere „geologische Theorien“.

Ganz denselben Werth können aber aus denselben Gründen unsere phylogenetischen Hypothesen beanspruchen. Indem wir diese aufstellen, verfahren wir nach denselben inductiven und deductiven Methoden und mit derselben annähernden Sicherheit, wie die Geologen. Weil wir allein mit Hülfe dieser phylogenetischen Hypothesen die Natur und Entstehung des Menschen und der übrigen Organismen begreifen, weil wir durch sie allein das Causalitäts-Bedürfniss unserer Vernunft befriedigen können, deshalb halten wir sie für richtig, deshalb beanspruchen wir für sie den Werth von

„biologischen Theorien“. Und wie jetzt die geologischen Hypothesen allgemein angenommen sind, die noch im Anfange unseres Jahrhunderts als speculative Luftschlösser verlacht wurden, so werden noch vor Ende dieses Jahrhunderts unsere phylogenetischen Hypothesen zur Geltung kommen, welche jetzt die bornirte Mehrzahl der Naturforscher als „naturphilosophische Träumereien“ verspottet. Freilich werden Sie bald sehen, dass unsere Aufgabe nicht so einfach ist, wie jene der Geologen. Sie ist in demselben Maasse schwieriger und verwickelter, in welchem sich die Organisation des Menschen über die Structur der Gebirgsmassen erhebt[57].

Treten wir nun an diese Aufgabe näher heran, so gewinnen wir ein ausserordentlich wichtiges Hülfsmittel, wenn wir zunächst die vergleichende Ontogenie von zwei niederen Thierformen genau verfolgen. Das eine dieser Thiere ist die Seescheide (*Ascidia*); das andere ist das Lanzetthierchen (*Amphioxus*); Taf. VII und VIII. Beide Thiere sind höchst bedeutsam. Beide stehen an der Grenze zwischen den beiden Hauptabtheilungen des Thierreiches, die man seit LAMARCK (1801) als Wirbelthiere und wirbellose Thiere unterscheidet. Die Wirbelthiere, deren Ontogenesis Ihnen jetzt bereits bekannt ist, umfassen die früher schon angeführten Klassen vom Amphioxus bis zum Menschen hinauf (Schädellose, Lampreten, Fische, Dipneusten, Amphibien, Reptilien, Vögel und Säugethiere). Alle übrigen Thiere fasste man diesen gegenüber nach dem Vorgange LAMARCK's früher als „Wirbellose“ zusammen. Wie wir aber gelegentlich bereits früher erwähnt haben (S. 170), sind die wirbellosen Thiere wieder aus einer Anzahl ganz verschiedener Stämme zusammengesetzt. Von diesen interessiren uns die Sternthiere, die Weichthiere, die Gliederthiere hier gar nicht, weil sie selbstständige Hauptzweige des thierischen Stammbaumes sind, die mit den Wirbelthieren gar Nichts zu schaffen haben (Vergl. Taf. XII). Hingegen ist die Abtheilung der Würmer für uns von hohem Interesse. In der Gruppe der Würmer findet sich nämlich eine erst neuerdings genauer untersuchte und sehr interessante Thierklasse, die für den Stammbaum der Wirbelthiere die grösste Bedeutung besitzt. Das ist die Klasse der Mantelthiere oder Tunicaten. Ein Mitglied dieser Klasse, die Seescheide oder Ascidie, schliesst sich in ihrem wesentlichen inneren Bau und in ihrer Ontogenesis aufs engste an das niederste Wirbelthier, den Amphioxus oder das Lanzetthierchen an. Man hatte bis vor wenigen

Jahren keine Vorstellung von dem engen Zusammenhange dieser beiden, scheinbar sehr verschiedenen Thierformen, und es war ein sehr glücklicher Zufall, dass gerade jetzt, wo die Frage der Abstammung der Wirbelthiere von den wirbellosen Thieren in den Vordergrund trat, die Keimesgeschichte dieser beiden nächst verwandten Thiere entdeckt wurde. Um die Bedeutung dieser ausserordentlich wichtigen und interessanten Ontogenesis des Amphioxus und der Ascidie richtig würdigen zu können, werden wir uns zunächst jetzt die beiden merkwürdigen Thiere im ausgebildeten Zustande ansehen und ihre Anatomie vergleichen müssen.

Wir beginnen mit dem Lanzetthierchen oder Amphioxus, welches nächst dem Menschen das interessanteste aller Wirbelthiere ist. (Vergl. Fig. 95 und Taf. VIII, Fig. 15.) Der Amphioxus wurde zuerst im Jahre 1778 von einem deutschen Naturforscher Namens Pallas beschrieben, der dieses kleine Thierchen aus der Nordsee von England zugeschickt erhielt. Er glaubte darin eine nahe Verwandte unserer gewöhnlichen nackten Wegschnecke (*Limax*) zu erkennen und nannte dasselbe daher *Limax lanceolatus*. Ueber ein halbes Jahrhundert hindurch kümmerte sich Niemand weiter um diese angebliche Nacktschnecke. Erst im Jahre 1834 wurde das unscheinbare Thierchen im Sande des Posilippo bei Neapel lebend beobachtet, und zwar von dem dortigen Zoologen Costa. Er zeigte, dass dasselbe keine Schnecke, sondern ein Fischchen sei, und nannte es *Branchiostoma lubricum*. Fast gleichzeitig wies ein englischer Naturforscher, Yarrell, ein inneres Axen-Skelet in demselben nach und gab ihm den Namen *Amphioxus lanceolatus*. Am genauesten untersuchte es dann 1839 der berühmte Berliner Zoologe Johannes Müller, dem wir eine sehr gründliche und ausführliche Abhandlung über seine Anatomie verdanken. Der Amphioxus lebt an flachen sandigen Stellen der Meeresküste, theilweis im Sande vergraben, und ist, wie es scheint, sehr verbreitet in verschiedenen Meeren. Er ist gefunden in der Nordsee (an den grossbritannischen und scandinavischen Küsten, sowie bei Helgoland); im Mittelmeer an verschiedenen Stellen (z. B. bei Nizza, Neapel und Messina). Er kommt ferner an der brasilianischen Küste vor und ebenso an entfernten Gestaden des pacifischen Oceans (Küsten von Peru, Borneo, China u. s. w.) Ueberall zeigt sich das kleine merkwürdige Wesen in derselben Form[58].

Johannes Müller stellte das Lanzetthierchen im System zu den Fischen, obwohl er hervorhob, dass die Unterschiede dieses niedersten Wirbelthierchens von den niedersten Fischen viel bedeutender sind, als die Unterschiede aller Fische von den Amphibien. Damit wird aber die richtige Werthschätzung des bedeutungsvollen Thierchens noch lange nicht ausgedrückt. Vielmehr können wir, wie Sie gleich sehen werden, mit voller Sicherheit den wichtigen Satz aufstellen: Der Amphioxus ist von den Fischen viel verschiedener als die Fische vom Menschen und von allen übrigen Wirbelthieren. Er ist in der That seiner ganzen Organisation nach so sehr von allen anderen Vertebraten verschieden, dass wir nach den einfachen Gesetzen der systematischen Logik zunächst zwei Haupt-Abtheilungen in diesem Stamme unterscheiden müssen: I. Schädellose oder *Acrania* (Amphioxus und seine ausgestorbenen Verwandten) und II. Schädelthiere oder *Craniota* (der Mensch und alle übrigen Wirbelthiere)[59].

Die erste, niedere Abtheilung bilden die Wirbelthiere ohne Kopf, ohne Gehirn und Schädel, welche wir eben deshalb Schädellose oder Acranier nennen. Hiervon lebt heutzutage nur noch der Amphioxus, während in früheren Zeiten der Erdgeschichte sehr zahlreiche und verschiedenartige Formen dieser Abtheilung existirt haben müssen. Wir dürfen hier ein allgemeines Gesetz aussprechen, welches jeder Anhänger der Entwickelungs-Theorie zugeben muss: Solche ganz eigenthümliche und isolirte Thierformen, wie der Amphioxus, welche scheinbar im System der Thiere ganz vereinzelt dastehen, sind immer die letzten Mohikaner, die letzten überlebenden Reste einer ausgestorbenen Thiergruppe, von welcher in früheren Zeiten der Erdgeschichte zahlreiche und mannichfaltige Formen existirten. Da der Amphioxus ganz weich ist, da er keine festen Körpertheile, keine versteinerungsfähigen Organe besitzt, so dürfen wir annehmen, dass auch alle seine zahlreichen ausgestorbenen Verwandten eben so weich waren und daher keine fossilen Abdrücke oder Versteinerungen hinterlassen konnten. Aber aus der vergleichenden Anatomie und Ontogenie des Amphioxus geht mit Sicherheit hervor, dass er als ein solches letztes überlebendes Glied einer vormals zahlreichen Gruppe zu betrachten ist.

Diesen Schädellosen oder Acranier gegenüber steht die zweite Hauptabtheilung der Vertebraten, welche alle übrigen Wirbelthiere

von den Fischen bis zum Menschen hinauf umfasst. Alle diese Wirbelthiere haben einen Kopf, der deutlich vom Rumpfe geschieden ist und einen Schädel mit Gehirn enthält; alle haben ein centralisirtes Herz, ausgebildete Nieren u. s. w. Wir nennen sie Schädelthiere oder Cranioten. Aber auch diese Schädelthiere sind in der ersten Jugend schädellos. Wie Sie bereits aus der Ontogenesis des Menschen wissen, durchläuft auch jedes Säugethier in frühen Zeiten der individuellen Entwickelung einen Formenzustand, in welchem dasselbe noch keinen Kopf, keinen Schädel, kein Gehirn, sondern die bekannte, ganz einfache Gestalt einer leierförmigen Scheibe oder einer Schuhsohle besitzt, an welcher die Extremitäten oder Gliedmaassen noch gar nicht vorhanden sind (Fig. 41, 42, S. 200). Wenn wir diesen embryonalen Formenzustand, der rasch von uns in einer sehr frühen Periode der Ontogenesis durchlaufen wird, mit dem entwickelten Lanzetthierchen vergleichen, so können wir sagen: der Amphioxus ist in gewissem Sinne ein persistenter Embryo, ein bleibender Keimeszustand der Schädelthiere, der sich nie über einen gewissen niederen, von uns längst abgeworfenen, frühen Jugendzustand erhebt.

Das vollkommen ausgebildete Lanzetthierchen (Taf. VIII, Fig. 15) ist zwei Zoll lang, farblos, weisslich oder schwach röthlich gefärbt, und hat die Gestalt eines schmalen lanzetförmigen Blattes, indem der Körper vorn und hinten zugespitzt, von beiden Seiten her aber stark zusammengedrückt ist. Der ganze blattförmige Körper ist von einer sehr zarten und dünnen, nackten, durchscheinenden Hautdecke überzogen, welche, wie bei allen höheren Thieren, aus zwei verschiedenen Schichten besteht: aus einer äusseren Oberhaut (Taf. VII, Fig. 13 *h*) und einer faserigen, darunter gelegenen Lederhaut (Fig. 13 *l*). Von Gliedmaassen ist keine Spur vorhanden. Ueber die Mittellinie des Rückens zieht ein schmaler Flossensaum, welcher sich hinten in eine ovale Schwanzflosse verbreitet und unten in eine kurze Afterflosse fortsetzt. Der Flossensaum wird durch zahlreiche zarte viereckige Flossenstrahlen gestützt (Taf. VIII, Fig. 15 *f*). Die feinen parallelen Linien unter der Haut, welche in der Mittellinie jeder Seite einen nach vorn gerichteten spitzen Winkel bilden, sind die Grenzlinien der zahlreichen Seitenmuskeln (Fig. 15 *r* und *b*).

Mitten im Körper finden wir einen dünnen Knorpelstrang, der als gerader Cylinder durch die Längsaxe des ganzen Körpers von

vorn nach hinten durchgeht und vorn und hinten gleichmässig zugespitzt endet (Fig. 95 *i*). Sie errathen bereits, dass dies der Axenstab oder die Chorda dorsalis ist, welche hier ganz allein das Rückgrat oder die Wirbelsäule vertritt. Beim Amphioxus entwickelt sich die Chorda gar nicht weiter, sondern bleibt zeitlebens in diesem einfachsten ursprünglichen Zustande bestehen. Sie ist umschlossen von einer häutigen festen Hülle, der Chorda-Scheide, welche oberhalb der Chorda ein longitudinales Rohr bildet. Das Verhalten dieser Chorda-Scheide und der von ihr ausgehenden Bildungen lässt sich am besten auf dem Querschnitte des Amphioxus übersehen (Taf. VII, Fig. 13 *cs*). Das Studium eines solchen Querschnittes ist überhaupt sehr interessant und lehrreich. Er entspricht in allen wesentlichen Beziehungen genau dem Querschnitte, welchen wir uns früher von dem idealen Urbilde des Wirbelthieres entworfen haben (Fig. 32, S. 177) Die Chorda-Scheide des Amphioxus bildet unmittelbar über der Chorda ein cylindrisches Rohr, und in diesem Rohre eingeschlossen liegt das Central-Nervensystem, das Markrohr oder Medullarrohr (Taf. VII, Fig. 13 *m*; Taf. VIII, Fig. 15 *m*). Dieses wichtige Seelen-Organ bleibt hier ebenfalls zeitlebens in der allereinfachsten Gestalt bestehen, als ein cylindrisches Rohr, das vorn und hinten fast gleichmässig einfach endet und dessen dicke Wand einen engen Canal umschliesst. Allerdings ist das vordere Ende etwas mehr abgerundet und enthält eine kleine blasenförmige Anschwellung des Canals (Fig. 15 *m1*). Diese kann man als erste Andeutung einer eigentlichen Hirnblase auffassen; als ein Rudiment des Gehirns, entsprechend dem „oberen Schlundknoten“ der Würmer. Ganz vorn am vordersten Ende des Nervenrohres findet sich ein kleiner schwarzer Pigmentfleck, den man als Auge gedeutet hat. Jedoch enthält derselbe keinen lichtbrechenden Körper und zeigt auch sonst nicht die Beschaffenheit des entwickelten Wirbelthierauges. In der Nähe dieses Augenfleckes befindet sich auf der linken Seite eine kleine flimmernde Grube, welche als Geruchsorgan gedeutet wird. Ein Gehörorgan fehlt vollständig. Ebenso fehlt jede Spur eines Schädels.

Unterhalb des Axenstabes oder der Chorda dorsalis verläuft ein sehr einfacher Darmcanal, ein Rohr, welches an der Bauchseite des Thierchens vorn durch eine Mundöffnung und hinten durch eine Afteröffnung ausmündet. Die Mundöffnung ist oval und von einem Knorpelringe umgeben, an welchem 30 Knorpelfäden (Tastorgane)



ansitzen (Fig. 95 *a*). Durch eine mittlere Einschnürung zerfällt der Darmcanal in zwei ganz verschiedene Abschnitte. Der erste, vordere und weitere Abschnitt des Darmcanals ist gitterförmig von zahlreichen Kiemenspalten durchbrochen und dient als Athmungs-Organ oder **Kieme** (Fig. 95 *d*; Taf. VIII, Fig. 15 *k*). Die feinen Balken des Kiemenkorbes zwischen den Spalten werden durch feste parallele Stäbchen gestützt, die paarweise durch Querstäbchen verbunden sind. Das Wasser, welches der Amphioxus durch die Mundöffnung aufnimmt, gelangt durch diese Spalten des Kiemenkorbes in die ihn umgebende Kiemenhöhle und tritt dann weiter hinten durch ein Loch derselben, durch das Athemloch (*Porus branchialis*) nach aussen. Unten an der Bauchseite des Kiemenkorbes findet sich in der Mittellinie eine flimmernde Rinne (die Hypobranchial-Rinne), die ebenso bei den Ascidien und bei den Larven der Cyclostomen wiederkehrt; sie ist deshalb von Interesse, weil sich aus ihr bei den höheren Wirbelthieren die Schilddrüse am Kehlkopfe (unterhalb des sogenannten „Adamsapfels") entwickelt hat[132] (Taf. VIII, Fig. 15 *y*). Hinter dem athmenden oder **respiratorischen** Theile des Darmcanals kommt zweitens der verdauende Abschnitt, der **digestive** Theil desselben, welcher frei in der Leibeshöhle oder dem Coelom (Fig 13 *c*) liegt. Die kleinen Körperchen, welche der Amphioxus mit dem Athmungswasser aufnimmt, Infusorien, Diatomeen, Bestand-

Fig. 95.

Fig. 95. Das **Lanzetthierchen** (*Amphioxus lanceolatus*) zweimal vergrössert, von der linken Seite gesehen (die Längsaxe steht senkrecht; das Mundende ist nach oben, das Schwanzende nach unten gerichtet, ebenso wie auf Taf. VIII, Fig. 15). *a* Mundöffnung, von Bartfäden umgeben. *b* Afteröffnung. *c* Bauchöffnung (Abdominal-Porus). *d* Kiemenkorb. *e* Magen. *f* Leber-Blinddarm. *g* Enddarm. *h* Leibeshöhle (Coelom). *i* Chorda (Axenstab), unter derselben die Aorta. *k* Aortenbogen. *l* Stamm der Kiemenarterie. *m* Anschwellungen an den Aesten derselben. *n* Hohlvene. *o* Darmvene.

theile von zersetzten Pflanzen- und Thierkörpern u. s. w., gelangen aus dem Kiemenkorbe hinten in den verdauenden Abschnitt des Darmcanals hinein und werden hier als Nahrung aufgenommen und verarbeitet. Von einem etwas erweiterten Abschnitte, der dem Magen entspricht (Fig. 95 *e*), geht ein länglicher taschenförmiger Blindsack ab (Fig. 95 *f*), welcher sich gerade nach vorn begiebt und auf der rechten Seite des Kiemenkorbes endigt. Das ist die Leber des Amphioxus, die einfachste Form der Leber, die wir bei den Wirbelthieren überhaupt kennen. Auch beim Menschen entwickelt sich, wie wir sehen werden, die Leber als ein taschenförmiger Blindsack, der sich hinter dem Magen aus dem Darmcanal ausstülpt.

Nicht minder merkwürdig als die Bildung des Darmes ist die Bildung des Blutgefäss-Systems bei unserem Thierchen. Während nämlich alle anderen Wirbelthiere ein gedrungenes, dickes, beutelförmiges Herz haben, welches sich an der Kehle aus der unteren Wand des Vorderdarmes entwickelt, und von welchem die Blutgefässe ausgehen, findet sich beim Amphioxus überhaupt kein besonderes centralisirtes Herz vor, welches durch seine Pulsationen das Blut fortbewegt. Vielmehr wird diese Bewegung hier, wie bei den Ringelwürmern, durch die dünnen, röhrenförmigen Blutgefässe selbst bewirkt, welche die Function des Herzens übernehmen, sich in ihrer ganzen Länge pulsirend zusammenziehen, und so das farblose Blut durch den ganzen Körper treiben. Dieser Blutkreislauf ist so einfach und dabei so merkwürdig, dass wir ihn kurz betrachten wollen. Wir können vorn an der unteren Seite des Kiemenkorbes anfangen. Da liegt in der Mittellinie ein grosser Gefässstamm, welcher am meisten dem Herzen der übrigen Wirbelthiere und dem aus ihrer Kammer entspringenden Stamm der Kiemenarterie entspricht, und welcher das Blut in die Kiemen hineintreibt (Fig. 95 *l*). Zahlreiche, kleine Gefässbogen treten jederseits aus dieser Kiemenarterie in die Höhe, bilden an der Abgangsstelle kleine herzähnliche Anschwellungen (Fig. 95 *m*), gehen längs der Kiemenbogen zwischen den Kiemenspalten um den Vorderdarm herum, und vereinigen sich als Kiemenvenen oberhalb des Kiemenkorbes in einem grossen Gefässstamm, der unterhalb der Chorda dorsalis verläuft. Dieser Stamm ist die primitive Aorta (Taf. VII, Fig. 13 *t*; Taf. VIII, Fig. 15 *t*). Zwischen Darm und Chorda verläuft die Aorta gerade so wie bei allen höheren Wirbelthieren. Die Gefässästchen, welche diese Aorta

an alle Theile des ganzen Körpers abgiebt, sammeln sich wieder in einem grossen venösen Gefässe, welches sich an die untere Seite des Darmes begiebt und hier als Darmvene bezeichnet werden kann (Fig. 95 *v*; Taf. VIII, Fig. 15 *v*; Taf. VII, Fig. 13 *v*). Sie geht weiter über auf den Leberschlauch, bildet hier eine Art Pfortader, indem sie den Leber-Blindsack mit einem feinen Gefässnetz umspinnt, und geht dann als Lebervene in einen nach vorn gerichteten Stamm über, den wir Hohlvene nennen können (Fig. 95 *n*). Dieser letztere tritt direct wieder an die Bauchseite des Kiemenkorbes und geht hier unmittelbar in die als Ausgangspunkt angenommene Kiemenarterie über. Wie eine ringförmig geschlossene Wasserleitung geht dieses unpaare Hauptgefässrohr des Amphioxus längs des Darmrohres durch seinen ganzen Körper hindurch und pulsirt in seiner ganzen Länge oben und unten. Ungefähr innerhalb einer Minute wird so das farblose Blut durch den ganzen Körper des Thierchens hindurch getrieben. Wenn das obere Rohr sich pulsirend zusammenzieht, füllt sich das untere mit Blut, und umgekehrt. Oben strömt das Blut von vorn nach hinten, unten hingegen von hinten nach vorn. Das ganze lange Gefässrohr, welches unten längs der Bauchseite des Darmrohres verläuft, und welches venöses Blut enthält, entspricht offenbar dem sogenannten Bauchgefäss der Würmer (Taf. II, Fig. 7 *v*). Hingegen ist das lange gerade Gefässrohr, welches oben längs der Rückenlinie des Darmrohres zwischen diesem und der Chorda verläuft, und welches arterielles Blut enthält, einerseits offenbar der Aorta der übrigen Wirbelthiere, anderseits aber zugleich dem sogenannten Rückengefäss der Würmer homolog (Taf. II, Fig. 7 *t*).

Schon Johannes Müller erkannte diese offenbare Uebereinstimmung in der Bildung des Blutgefäss-Systems beim Lanzetthierchen und bei den Würmern. Er hob namentlich die Analogie Beider, ihre physiologische Aehnlichkeit, hervor, indem das Blut in Beiden durch die pulsirenden Zusammenziehungen der grossen Gefässröhren in ihrer ganzen Länge fortgetrieben wird, nicht durch ein centralisirtes Herz, wie bei allen übrigen Wirbelthieren. Nach unserer Auffassung aber ist dieser wichtige Vergleich mehr als eine blosse Analogie. Er besitzt die tiefere Bedeutung einer wahren Homologie, und beruht auf einer morphologischen Uebereinstimmung der verglichenen Organe. Wir erfahren demnach durch den Amphioxus, dass die Aorta, die unpaare, zwischen Darm und Chorda

verlaufende Hauptarterie der Wirbelthiere dem Rückengefässe der Würmer entspricht. Hingegen ist das Bauchgefäss der letzteren nur noch in der unpaaren, unten am Darm verlaufenden Darmvene des Amphioxus (und ihrer vorderen Fortsetzung: Pfortader, Lebervene, Hohlvene, Kiemenarterie) erhalten. Bei allen übrigen Wirbelthieren tritt diese Darmvene (ursprünglich das venöse Hauptgefäss!) beim entwickelten Thiere ganz hinter anderen Venen zurück.

Von den übrigen Körpertheilen des Amphioxus sind schliesslich noch die Geschlechtsorgane zu erwähnen, welche sich hier ebenfalls höchst einfach verhalten. Beiderseits des Darmes im mittleren Theile der Leibeshöhle liegt eine Anzahl von 20—30 elliptischen oder rundlich-viereckigen Säckchen, welche mit blossem Auge von aussen leicht zu sehen sind, da sie durch die dünne durchsichtige Leibeswand hindurchschimmern. Diese Säckchen sind beim Weibchen die Eierstöcke und enthalten Haufen von einfachen Eizellen ohne Follikel (Taf. VII, Fig. 13 *e*). Beim Männchen findet man statt deren Haufen von viel kleineren Zellen, welche sich in bewegliche Geisselzellen (Spermazellen) verwandeln. Beiderlei Säckchen liegen innen an der inneren Wand der Leibeshöhle und haben keine besonderen Ausführgänge. Wenn die Eier des Weibchens und die Samenmassen des Männchens reif sind, fallen sie (wie bei den Würmern) in die Leibeshöhle und werden entweder durch ein vor dem After gelegenes Loch der Bauchwand entleert oder (nach neueren Angaben) durch den Mund ausgeworfen. Auch in dieser höchst einfachen Bildung der beiderlei Geschlechtsorgane stimmt der Amphioxus (ebenso wie in der Bildung des Blutgefäss-Systems) mehr mit den Ringelwürmern, als mit den übrigen Wirbelthieren überein.

Als eine der auffallendsten anatomischen Eigenthümlichkeiten des Amphioxus muss schliesslich noch der vollständige Mangel einer Niere angesehen werden. Wenn wir bedenken, welche hohe physiologische Bedeutung dieser Drüse als harnausscheidendem Apparate im Thierreiche zukömmt, wie allgemein dieselbe sogar bei sehr tiefstehenden Thieren (z. B. Bandwürmern und anderen niederen Würmern) verbreitet ist, so werden wir uns sehr wundern müssen, dieselbe hier beim Lanzetthierchen nicht anzutreffen. Aus vergleichend-anatomischen Gründen können wir den sicheren Schluss ziehen, dass die Vorfahren des Amphioxus eine Niere besessen haben und sind dadurch zu der Vermuthung berechtigt, dass vielleicht irgendwo im

Leibe des Amphioxus noch ein Nieren-Rudiment, als letztes Ueberbleibsel des verloren gegangenen Harn-Organes, zu finden ist. Als ein solches rudimentäres Organ habe ich in meiner Gastraea-Theorie [13]) einen eigenthümlichen langen und weiten Canal gedeutet, der jederseits am Bauche des Amphioxus in einer längsverlaufenden Hautfalte eingeschlossen und unmittelbar unter den Geschlechtsorganen gelegen ist (Taf. VII, Fig. 13 *u* im Querschnitt). Seine Lagerung stimmt recht gut mit der ursprünglichen oberflächlichen Lagerung der Urniere beim Embryo des Menschen und aller höheren Wirbelthiere, wo ja auch anfänglich die Urniere nur durch einen einfachen, jederseits unter der Haut verlaufenden Längscanal vertreten wird (Fig. 47), entsprechend den sogenannten „Wassergefässen oder Excretions-Canälen“ der niederen Würmer. Nicht minder scheint mir die unmittelbare Nähe der Geschlechtsdrüsen von Bedeutung zu sein. Bei den Ringelwürmern dienen die Nierencanäle (die hier wegen ihrer schleifenförmig gewundenen Gestalt „Schleifencanäle oder Segmental-Organe“ heissen) gleichzeitig zur Harn-Absonderung und zur Ausführung der Geschlechts-Producte. Aber auch bei allen höheren Wirbelthieren entwickeln sich die Ausführgänge der Geschlechts-Organe aus den Urnieren. Es ist daher wohl vorläufig die Vermuthung gestattet, dass auch die beiden langen „Seiten-Canäle“ des Amphioxus als Rudimente der Urnieren die gleiche Function ausüben. Wahrscheinlich fallen die reifen Geschlechts-Producte des Lanzetthierchens (durch Berstung der dünnen trennenden Zwischenwand) in die Seitencanäle und treten durch deren Oeffnungen nach aussen. Nach Johannes Müller und Rathke, zwei sehr zuverlässigen Beobachtern, soll jeder Seitencanal vorn eine Oeffnung in die Mundhöhle haben. Dadurch würde sich auch allein die sonst räthselhafte Angabe von Kowalevsky erklären, dass der Amphioxus seine reifen Eier und Samenmassen durch den Mund entleert [60]).

Wenn Sie nun jetzt versuchen, die Anschauung von den Organisations-Verhältnissen des Amphioxus, die wir durch unsere anatomische Untersuchung gewonnen haben, in ein Gesammtbild zusammenzufassen, und wenn Sie dieses Bild mit der bekannten Organisation des Menschen vergleichen, so wird Ihnen der Abstand zwischen Beiden ungeheuer erscheinen. In der That erhebt sich die höchste Blüthe des Wirbelthier-Organismus, welche der Mensch darstellt, in jeder Beziehung so hoch über jene niederste Stufe, auf welcher das

Lanzetthierchen stehen bleibt, dass Sie es zunächst kaum für möglich halten werden, beide Thierformen in einer und derselben Hauptabtheilung des Thierreiches zusammenzustellen. Und dennoch ist diese Zusammenstellung unerschütterlich begründet. Dennoch ist der Mensch nur eine weitere Ausbildungsstufe desselben Wirbelthier-Typus, der bereits im Amphioxus in seiner ganz charakteristischen Anlage unverkennbar vorliegt. Sie brauchen sich bloss an die früher gegebene Darstellung vom idealen Urbilde des Wirbelthieres zu erinnern (S. 177) und damit die verschiedenen niederen Ausbildungsstufen des menschlichen Embryo zu vergleichen, um sich von unserer nahen Verwandtschaft mit dem Lanzetthierchen zu überzeugen.

Freilich bleibt der Amphioxus tief unter allen übrigen noch jetzt lebenden Wirbelthieren stehen. Freilich fehlt ihm mit dem gesonderten Kopfe das entwickelte Gehirn und der Schädel, der alle anderen Wirbelthiere auszeichnet. Es fehlt ihm das Gehörorgan und das centralisirte Herz, das alle Anderen besitzen; ebenso fehlen ihm ausgebildete Nieren. Jedes einzelne Organ erscheint in einfacherer und unvollkommnerer Form als bei allen Anderen. Und dennoch ist die charakteristische Anlage, Verbindung und Lagerung sämmtlicher Organe ganz dieselbe, wie bei allen übrigen Wirbelthieren. Dennoch durchlaufen diese Alle während ihrer embryonalen Entwickelung frühzeitig ein Bildungsstadium, in welchem ihre gesammte Organisation sich nicht über diejenige des Amphioxus erhebt, vielmehr wesentlich mit ihr übereinstimmt. (Vergl. die fünfte Tabelle.)

Um sich recht klar von diesem bedeutungsvollen Verhältniss zu überzeugen, ist besonders lehrreich die Vergleichung des Amphioxus mit den jugendlichen Entwickelungsformen derjenigen Wirbelthiere, welche ihm im natürlichen Systeme dieses Stammes am nächsten stehen. Das ist die Klasse der Kreismündigen oder Cyclostomen. Heutzutage leben von dieser merkwürdigen, früher umfangreichen Thierklasse nur noch sehr wenige Arten, die sich auf zwei verschiedene Gruppen vertheilen. Die eine Gruppe bilden die Inger oder Myxinoiden, welche uns durch JOHANNES MÜLLER's classisches Werk, die „Vergleichende Anatomie der Myxinoiden", genau bekannt geworden sind. Die andere Gruppe bilden die Petromyzonten, die allbekannten Lampreten, Pricken oder Neunaugen, die wir in marinirtem Zustande als Leckerbissen verzehren. Alle diese Kreismündigen werden gewöhnlich zu der Klasse der Fische

gerechnet. Sie stehen aber tief unter den wahren Fischen und bilden eine höchst interessante Verbindungsgruppe zwischen diesen und dem Lanzetthierchen. Wie nahe sie dem letzteren stehen, werden Sie klar erkennen, wenn Sie eine jugendliche Pricke (*Petromyzon*, Taf. VIII, Fig. 16) mit dem Amphioxus (Fig. 15) vergleichen. Die Chorda (*ch*) ist in Beiden von derselben einfachen Gestalt, ebenso das Markrohr (*m*), welches über der Chorda, und das Darmrohr (*d*), welches unter der Chorda liegt. Jedoch schwillt das Markrohr bei der Pricke vorn bald zu einer einfachen birnförmigen Gehirnblase an (m_1), und beiderseits derselben erscheint ein einfachstes Auge (*au*) und ein einfaches Gehörbläschen (*g*). Die Nase (*n*) ist noch eine unpaare Grube, wie beim Amphioxus. Auch die beiden Darmabschnitte, der vordere Kiemendarm (*k*) und der hintere Magendarm (*d*), verhalten sich bei Petromyzon noch ganz ähnlich und sehr einfach. Hingegen zeigt sich ein wesentlicher Fortschritt in der Organisation des Herzens, welches hier unterhalb der Kiemen als ein centralisirter Muskelschlauch auftritt und in eine Vorkammer (*hv*) und Hauptkammer (*hk*) zerfällt. Späterhin entwickelt sich die Pricke bedeutend höher, bekommt einen Schädel, fünf Hirnblasen, eine Reihe selbstständiger Kiemenbeutel u. s. w. Um so interessanter ist aber die auffallende Uebereinstimmung, welche ihre jugendliche „Larve" mit dem entwickelten Amphioxus zeigt[61]).

Während so der Amphioxus durch die Cyclostomen unmittelbar an die Fische und dadurch an die Reihe der höheren Wirbelthiere sich anschliesst, besitzt er auf der anderen Seite die nächste Verwandtschaft mit einem niederen wirbellosen Seethiere, von dem er auf den ersten Blick himmelweit verschieden zu sein scheint. Dieses merkwürdige Thier ist die Seescheide oder Ascidie, welche man bis vor Kurzem als nächste Verwandte der Muscheln betrachtete und deshalb in den Stamm der Weichthiere stellte. Nachdem wir aber im Jahre 1866 die merkwürdige Keimesgeschichte dieser Thiere kennen gelernt haben, unterliegt es keinem Zweifel mehr, dass sie gar nichts mit den Weichthieren zu thun haben. Hingegen haben sie sich durch ihre gesammte individuelle Entwickelungsweise zur grössten Ueberraschung der Zoologen als die nächsten Verwandten der Wirbelthiere herausgestellt. Die Ascidien sind im ausgebildeten Zustande unförmliche Klumpen, die Sie auf den ersten Anblick sicher überhaupt nicht für Thiere halten würden. Der länglich-runde, oft

höckerige oder unregelmässig knollige Körper, an dem gar keine besonderen äusseren Theile zu unterscheiden sind; ist an einer Seite auf Seepflanzen, auf Steinen oder auf dem Meeresboden festgewachsen. Die Fischer, welche sie genau kennen, halten sie nicht für Thiere, sondern für Seegewächse. So werden sie denn auch auf den Fischmärkten vieler italiänischer Seestädte zusammen mit anderen niederen Seethieren unter dem Namen „Meeres-Obst" *(Frutti di mare)* feil geboten. Es ist eben gar Nichts vorhanden, was äusserlich auf ein Thier hindeutet. Wenn man sie mit dem Schleppnetz aus dem Meere heraufholt, bemerkt man höchstens eine ganz schwache Zusammenziehung des Körpers, welche ein Ausspritzen von Wasser an ein paar Stellen zur Folge hat. Die meisten Ascidien sind sehr klein, nur ein Paar Linien oder höchstens einige Zoll lang. Wenige Arten erreichen einen Fuss Länge oder etwas darüber. Es giebt zahlreiche Arten von Ascidien, und in allen Meeren sind dergleichen anzutreffen. Auch von dieser ganzen Thierklasse kennen wir keine versteinerten Ueberreste, weil sie keine harten versteinerungsfähigen Theile besitzen. Auch diese Thiere sind jedenfalls sehr hohen Alters, und existirten sicher bereits während des primordialen Zeitalters.

Den Namen Mantelthiere trägt die ganze Klasse, zu der die Ascidien gehören, deshalb, weil der Körper von einer dichten und festen Hülle, wie von einem Mantel, umschlossen ist. Dieser Mantel, der bald gallertartig weich, bald lederartig zäh, bald knorpelartig fest erscheint, ist durch viele Merkwürdigkeiten ausgezeichnet. Wohl das Merkwürdigste ist, dass er aus einer holzartigen Masse, aus Cellulose, besteht, aus demselben „Pflanzenzellstoff", welcher die festen Hüllen der Pflanzenzellen, die Substanz des Holzes bildet. Die Tunicaten sind die einzige Thierklasse, welche in Wahrheit ein Cellulose-Kleid, eine holzartige Umhüllung, besitzen. Bisweilen ist der Cellulose-Mantel bunt gefärbt, anderemale farblos. Nicht selten ist er mit Stacheln oder Haaren, ähnlich einem Cactus, besetzt. Oft sind eine Masse fremde Körper: Steine, Sand, Bruchstücke von Muschelschalen u. s. w. in den Mantel eingewebt. Eine Ascidie führt davon den Namen „Mikrokosmus"[62]).

Um die innere Organisation der Ascidie richtig zu würdigen und die Vergleichung mit dem Amphioxus durchführen zu können, müssen wir sie uns in derselben Lage wie den letzteren vorstellen (Taf. VIII, Fig. 14, von der linken Seite; das Mundende ist nach

oben, der Rücken nach rechts, der Bauch nach links gerichtet). Das hintere Ende, das dem Schwanze des Amphioxus entspricht, ist gewöhnlich festgewachsen, oft mittelst förmlicher Wurzeln. Bauchseite und Rückenseite sind innerlich sehr verschieden, äusserlich aber oft nicht zu unterscheiden. Wenn wir nun den Mantel öffnen, um uns die innere Organisation zu betrachten, so nehmen wir zunächst ein sehr ansehnliches Organ von der Gestalt eines grossen Sackes wahr, dessen Wand ein feines Gitter bildet (Fig. 96 *br*). Dieser gegitterte Sack ist der **Kiemensack** (Fig. 14 *k*). Derselbe ist nach seiner ganzen Lage und Zusammensetzung dem Kiemenkorbe des Amphioxus so ähnlich, dass schon vor vielen Jahren, ehe man etwas von der wahren Verwandtschaft beider Thiere wusste, diese auffallende Aehnlichkeit vom englischen Naturforscher GOODSIR hervorgehoben wurde. In der That führt uns auch bei der Ascidie die Mundöffnung zunächst in diesen Kiemensack hinein. Das Athemwasser tritt durch die Spalten des Kiemensackes in die Mantelhöhle oder Cloakenhöhle (Fig. 96 *cl*, Taf. VIII, Fig. 14 *cl*) und wird aus dieser durch eine besondere Auswurfs-Oeffnung entfernt (Fig. 96 *a'*). Längs der Bauchseite des Kiemensackes verläuft eine flimmernde Rinne, dieselbe „Hypobranchial-Rinne“, die wir

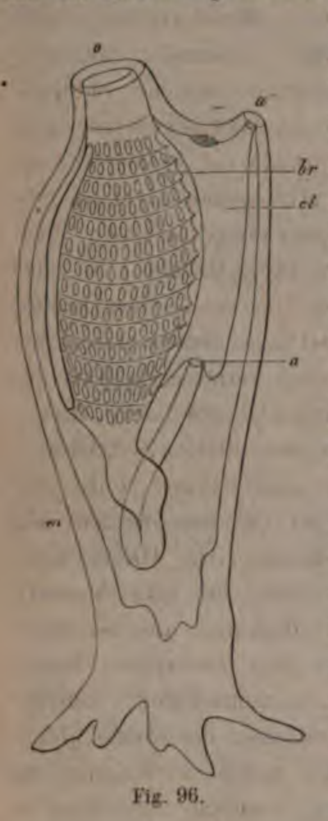


Fig. 96.

Fig. 96. **Organisation einer Ascidie** (Ansicht von der linken Seite wie auf Taf. VIII, Fig. 14); die Rückenseite ist nach rechts, die Bauchseite nach links gekehrt, die Mundöffnung (*o*) nach oben; am entgegengesetzten Schwanzende ist die Ascidie unten festgewachsen. Der Kiemendarm (*br*), der von vielen Spalten durchbrochen ist, setzt sich unten in den Magendarm fort. Der Enddarm öffnet sich durch den After (*a*) in die Cloakenhöhle (*cl*), aus der die Excremente mit dem Athemwasser durch die Cloakenmündung (*a'*) entfernt werden. *m* Mantel. (Nach GEGENBAUR.)

vorher auch beim Amphioxus an der gleichen Stelle gefunden haben (Taf. VIII, Fig. 14*y*, 15*y*). Unter dieser Flimmerrinne liegt bei der Ascidie ein stabförmiger Körper von unbekannter Bedeutung, das sogenannte „Endostyl". Die Nahrung der Ascidie besteht ebenfalls aus kleinen Organismen: Infusorien, Diatomeen, Bestandtheilen von zersetzten Seepflanzen und Seethieren u. s. w. Diese gelangen mit dem Athmungswasser in den Kiemenkorb, und am Ende desselben in den verdauenden Theil des Darmcanals, zunächst in eine den Magen darstellende Erweiterung (Taf. VIII, Fig. 14*mg*). Der sich daran schliessende Dünndarm macht gewöhnlich eine Schlinge, biegt sich nach vorn um und öffnet sich durch eine Afteröffnung (Fig. 96*a*) nicht direct nach aussen, sondern erst in die Cloakenhöhle; aus dieser werden die Excremente mit dem geathmeten Wasser durch die gemeinsame Auswurfsöffnung oder die Cloakenmündung entfernt (Fig. 14*q*). Bei vielen Ascidien mündet in den Darm eine drüsige Masse, welche die Leber darstellt (Taf. VIII, Fig. 14*lb*). Bei einigen findet sich neben der Leber noch eine andere Drüse, welche man für die Niere hält (Taf. VIII, Fig. 14 *u*). Von einer Chorda dorsalis, einem inneren Axen-Skelet, ist bei der ausgebildeten Ascidie keine Spur vorhanden. Um so interessanter ist es, dass das junge Thier, welches aus dem Ei ausschlüpft, eine Chorda besitzt (Taf. VII, Fig. 5*ch*), über welcher ein rudimentäres Rückenmarksrohr liegt (Fig. 5*m*). Das letztere ist bei der ausgebildeten Ascidie ganz zusammengeschrumpft und stellt einen kleinen Nervenknoten dar, welcher ganz vorn oben über dem Kiemenkorbe liegt (Taf. VIII, Fig. 14*m*). Er entspricht dem sogenannten „oberen Schlundknoten" anderer Würmer. Besondere Sinnesorgane fehlen entweder ganz oder sind nur in höchst einfacher Form vorhanden, als einfache Augenflecke und Tastwarzen, welche die Mundöffnung umgeben (Fig. 14*au* Augen). Das Muskelsystem ist sehr schwach und unregelmässig entwickelt. Unmittelbar unter der dünnen Lederhaut und mit ihr innig verbunden findet sich ein dünner Hautmuskelschlauch, wie bei niederen Würmern. Hingegen besitzt die Ascidie ein centralisirtes Herz, und sie erscheint in diesem Punkte höher organisirt als der Amphioxus. Auf der Bauchseite des Darmes, ziemlich weit hinter dem Kiemenkorbe, liegt ein spindelförmiges Herz (Fig. 97 *c*; Taf. VIII, Fig. 14 *hz*). Dasselbe besitzt bleibend dieselbe einfache Schlauchform, welche die erste Anlage des Herzens bei den Wirbelthieren vorübergehend darstellt

(vergl. das Herz des menschlichen Embryo, Fig. 89, S. 279). Dieses einfache Herz der Ascidie zeigt uns aber eine wunderbare Eigenthümlichkeit. Es zieht sich nämlich in wechselnder Richtung zusammen. Während sonst bei allen Thieren die Pulsation des Herzens beständig in einer bestimmten Richtung geschieht (und zwar meistens in der Richtung von hinten nach vorn), wechselt dieselbe bei der Ascidie in entgegengesetzter Richtung ab. Erst zieht sich das Herz in der Richtung von hinten nach vorn zusammen, steht dann nach einer Minute still, und beginnt die entgegengesetzte Pulsation, indem es jetzt das Blut von vorn nach hinten austreibt; die beiden grossen Gefässe, welche von den beiden Enden des Herzens ausgehen, fungiren also abwechselnd als Arterie und als Vene. Das ist eine Eigenthümlichkeit, welche bloss den Tunicaten zukommt.

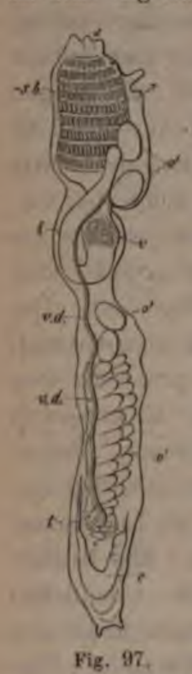


Fig. 97.

Von den übrigen wichtigen Organen sind noch die Geschlechtsorgane zu erwähnen, welche ganz hinten in der Leibeshöhle liegen. Die Ascidien sind sämmtlich Zwitter. Jedes Individuum besitzt eine männliche und eine weibliche Drüse, und ist also im Stande, sich selbst zu befruchten. Die reifen Eier (Fig. 97*o'*) fallen direct aus dem Eierstocke *(o)* in die Cloakenhöhle. Das männliche Sperma hingegen wird aus dem Hoden *(t)* durch einen besonderen Samenleiter *(vd)* in dieselbe Höhle übergeführt. Hier geschieht die Befruchtung, und hier findet man bei vielen Ascidien schon entwickelte Embryonen (Taf. VIII, Fig. 14 *z*). Letztere werden dann mit dem Athemwasser durch die Cloakenmündung *(q)* entleert, also „lebendig geboren".

Viele Ascidien, namentlich von den kleineren Arten, vermehren sich nicht nur durch geschlechtliche Fortpflanzung, sondern auch auf ungeschlechtlichem Wege durch Knospenbildung. Indem zahlreiche solche

Fig. 97. Organisation einer Ascidie (wie Fig. 96 und wie Fig. 14, Taf. VIII, von der linken Seite betrachtet). *sb* Kiemensack. *v* Magen. *i* Enddarm. *c* Herz. *t* Hoden. *vd* Samenleiter. *o* Eierstock. *o'* Reife Eier in der Leibeshöhle. Die beiden kleinen Pfeile deuten den Eintritt und Austritt des Wassers durch die beiden Oeffnungen des Mantels an. (Nach MILNE-EDWARDS.)

durch Knospung entstandene Einzelthiere oder Personen zeitlebens in enger Verbindung vereinigt bleiben, bilden sie umfangreiche Stöcke oder Cormen, ähnlich den bekannten Korallenstöcken. Unter diesen stockbildenden oder zusammengesetzten Ascidien sind besonders diejenigen Gattungen interessant, bei denen der Stock aus vielen sternförmigen Personen-Gruppen zierlich zusammengesetzt erscheint. Jede sternförmige Gruppe besteht aus einer geringeren oder grösseren Anzahl von Personen, von denen zwar jede einzelne ihre selbstständige Organisation und eine besondere Mundöffnung besitzt. Alle Personen zusammen haben aber nur eine einzige gemeinsame Cloakenöffnung, welche sich im Mittelpunkte der sternförmigen Gruppe befindet. Diese sternförmigen Synascidien-Stöcke (*Botryllus*, *Polyclinum* etc.) erläutern vortrefflich die Phylogenie eines der merkwürdigsten Thierstämme, der Sternthiere oder Echinodermen. Die Stammformen dieser letzteren sind die Seesterne oder Asteriden, ebenfalls Stöcke von sternförmig verbundenen Würmern mit einer gemeinsamen centralen Darmöffnung[63].

Wenn Sie jetzt nochmals auf die gesammte Organisation der einfachen Ascidien (namentlich *Phallusia*, *Cynthia* etc.) einen Rückblick werfen und sie mit derjenigen des Amphioxus vergleichen, so werden Sie finden, dass Beide nur wenige Berührungspunkte darbieten. Allerdings ist die entwickelte Ascidie in einigen wichtigen Beziehungen ihres inneren Baues, und vor allen in der eigenthümlichen Beschaffenheit des Kiemenkorbes und Darmes, dem Amphioxus ähnlich. Aber in den meisten übrigen Organisations-Verhältnissen erscheint sie doch so weit entfernt und in der äusseren Erscheinung ihm so unähnlich, dass erst durch die Erkenntniss der Ontogenesis die ganz nahe Verwandtschaft beider Thierformen offenbar werden konnte. Wir werden nun zunächst die individuelle Entwickelung der beiden Thiere vergleichend betrachten, und dabei zu unserer grossen Ueberraschung finden, dass aus dem Ei des Amphioxus ganz dieselbe embryonale Thierform sich entwickelt, wie aus dem Ei der Ascidie.

Erklärung von Tafel VII und VIII

(zwischen S. 316 und S. 317).

Taf. VII. Keimesgeschichte der Ascidie und des Amphioxus.

(Grösstentheils nach KOWALEVSKY.)

Fig. 1—6. **Keimesgeschichte der Ascidie.**

Fig. 1. Ein reifes Ei einer Ascidie. Die Eihülle ist weggelassen. In dem Dotter der kugeligen Eizelle liegt excentrisch ein helles kugeliges Keimbläschen (Zellenkern) und darin ein dunklerer Keimfleck (Kernkörperchen).

Fig. 2. Ein Ascidien-Ei in der Furchung. Die Eizelle ist durch wiederholte Zweitheilung in vier gleiche Zellen zerfallen.

Fig. 3. Keimhautblase der Ascidie (Blastosphaera oder Vesicula blastodermica). Die aus der Eifurchung entstandenen Zellen bilden eine kugelige, mit Flüssigkeit gefüllte Blase, deren Wand aus einer einzigen Zellenschicht besteht. (Vergl. Fig. 19, S. 147.)

Fig. 4. Gastrula der Ascidie, aus der Keimhautblase (Fig. 3) durch Einstülpung entstanden. Die Wand des Urdarms (*d*), der sich bei *o* durch den Urmund öffnet, besteht aus zwei Zellenschichten: dem inneren Darmblatte (aus grösseren) und dem äusseren Hautblatte (aus kleineren Zellen gebildet).

Fig. 5. Freischwimmende Larve der Ascidie. Zwischen Markrohr (*m*) und Darmrohr (*d*) schiebt sich die Chorda (*ch*) ein, welche durch den ganzen langen Ruderschwanz bis zur Spitze geht.

Fig. 6. Querschnitt durch die Larve der Ascidie (Fig. 5), durch den hinteren Theil des Rumpfes, vor dem Abgang des Schwanzes. Der Querschnitt ist ganz derselbe wie bei der Amphióxus-Larve (Fig. 11, 12). Zwischen Markrohr (*m*) und Darmrohr (*d*) liegt die Chorda, beiderseits die lateralen Rumpfmuskeln (*r*).

Fig. 7—13 **Keimesgeschichte des Amphioxus.**

Fig. 7. Ein reifes Ei des Amphioxus (vergl. Fig. 1.)

Fig. 8. Ein Amphioxus-Ei in der Furchung (vergl. Fig 2).

Fig. 9. Keimhautblase des Amphioxus (vergl. Fig. 3).

Fig. 10. Gastrula des Amphioxus (vergl. Fig. 4).

Fig. 11. Junge Larve des Amphioxus. Zwischen Markrohr (*m*) und Darmrohr (*d*) liegt die Chorda (*ch*). Das Markrohr besitzt am vorderen Körperende eine Oeffnung (*ma*).

Fig. 12. Aeltere Larve des Amphioxus. Beiderseits des Markrohres (*m*) und der Chorda (*ch*) ist eine Längsreihe von Muskelplatten (*mp*) sichtbar; dadurch werden die Urwirbel oder Metameren bezeichnet. Vorn ist ein Sinnesorgan entstanden (*ss*). Die Wand des Darmrohres (*d*) ist unten auf der Bauchseite (*du*) viel dicker als oben auf der Rückenseite (*do*). Die vordere Abtheilung des Darmcanals erweitert sich zum Kiemenkorb.

Fig. 13. Querschnitt durch den entwickelten Amphioxus (Fig. 15), etwas hinter der Körpermitte. Ueber dem Darmrohr (*d*) ist das Rückengefäss oder die Körperarterie (*t*), unter demselben das Bauchgefäss oder die Darmvene sichtbar (*v*). An der Innenwand der Leibeshöhle (*c*) liegen die Eierstöcke (*e*), nach aussen davon die Seitencanäle (Urnieren-Rudimente, *u*). Die Rückenmuskeln (*r*) sind durch Zwischenmuskelbänder (*mb*) in mehrere Stücke zerlegt. *f* Rückenflosse.

Taf. VIII. Körperbau der Ascidie, des Amphioxus und der Larve von Petromyzon.

Zur Vergleichung sind alle drei Thiere in derselben Lage und in derselben Grösse nebeneinander gestellt; Ansicht von der linken Seite. Das Kopfende ist nach oben, das Schwanzende nach unten gekehrt; die Rückenseite nach rechts, die Bauchseite nach links. Die Hautbedeckung ist auf der linken Seite des Körpers weggenommen, um die innere Organisation in der natürlichen Lage der Organe zu zeigen.

Fig. 14. Eine einfache Ascidie (*Monascidia*), 6mal vergrössert.

Fig. 15. Ein entwickelter Amphioxus (4mal vergrössert). Der deutlicheren Anschauung halber ist der Amphioxus in Fig. 15 um das Doppelte zu breit gezeichnet. In Wirklichkeit beträgt seine Breite bei der hier genommenen Länge nur die Hälfte.

Fig. 16. Eine junge Pricken-Larve (*Petromyzon Planeri*), elf Tage nach dem Auskriechen aus dem Ei, 45mal vergrössert. (Nach Max Schultze). Die Larve des Petromyzon, welche später eine besondere Verwandlung besteht, ist früher als eine besondere Gattung unter dem Namen *Ammocoetes* unterschieden worden.

Die Bedeutung der Buchstaben ist in allen Figuren auf Taf. VII und VIII dieselbe. (Vergl. folgende Seite.)

Alphabetisches Verzeichniss

über die Bedeutung der Buchstaben auf Taf. VII und VIII.

a Afteröffnung.
au Auge.
b Bauchmuskeln.
c Coelom (Leibeshöhle).
ch Chorda (Axenstab).
cl Cloakenhöhle.
cs Chordascheide.
d Darmrohr.
do Rückenwand des Darmes.
du Bauchwand des Darmes.
e Eierstock.
en Endostyl.
f Flossensaum.
g Gehörbläschen.
h Hornplatte.
hd Hoden.
hk Herzkammer.
hv Herzvorkammer.
hz Herz.
i Eier.
k Kiemen.
ka Kiemenarterie.
l Lederplatte.
lb Leber.
lb' Vorderes Ende der Leber.
lv Lebervene.
m Markrohr.
m_1 Hirnblase.
m_2 Rückenmark.
ma Vordere Oeffnung des Markrohres.
mb Muskelbänder.
mg Magen.
mh Mundhöhle.
mp Muskelplatte.
mt Mantel.
n Nase (Geruchsgrube).
o Mundöffnung.
p Bauch-Porus.
q Cloaken-Oeffnung.
r Rückenmuskeln.
s Schwanzflosse.
sl Samenleiter.
sm Mündung des Samenleiters.
ss Sinnesorgan.
t Aorta (Rückengefäss).
th Thyreoidea (Schilddrüse).
u Urniere (Seitencanal).
v Darmvene (Bauchgefäss).
w Wurzelfasern der Ascidie.
x Grenze zwischen Kiemendarm und Magendarm.
y Flimmerrinne.
z Embryonen der Ascidie.

Taf. VII, Fig. 1—6. Keimesgeschichte der Ascidie.
Taf. VII, Fig. 7—12. Keimesgeschichte des Amphioxus.
Taf. VII, Fig. 13. Querschnitt durch den reifen Amphioxus.
Taf. VIII, Fig. 14. Eine entwickelte einfache Ascidie.
Taf. VIII, Fig. 15. Ein entwickelter Amphioxus.
Taf. VIII, Fig. 16. Eine junge Larve von Petromyzon.

Vierzehnter Vortrag.

Die Keimesgeschichte des Amphioxus und der Ascidie.

„Der Amphioxus bleibt in der Bildung der wichtigsten Organe zeitlebens auf derselben niedrigsten Stufe der Ausbildung stehen, welche alle übrigen Wirbelthiere während der frühesten Zeit ihres Embryolebens rasch durchlaufen. Wir müssen daher den Amphioxus mit besonderer Ehrfurcht als dasjenige ehrwürdige Thier betrachten, welches unter allen noch lebenden Thieren allein im Stande ist, uns eine annähernde Vorstellung von unseren ältesten silurischen Wirbelthier-Ahnen zu geben. Letztere aber stammen von Würmern ab, welche in den heute noch lebenden Ascidien ihre nächsten Blutsverwandten besitzen."

Der Stammbaum des Menschengeschlechts (1868).

Inhalt des vierzehnten Vortrages.

Stammverwandtschaft der Wirbelthiere und der Wirbellosen. Befruchtung des Amphioxus. Das befruchtete Ei erleidet totale Furchung und verwandelt sich in eine kugelige Keimhautblase. Aus dieser entsteht durch Einstülpung die Darmlarve oder Gastrula. Dieselbe Gastrula kommt in der Keimesgeschichte der verschiedensten Thierstämme vor: bei Pflanzenthieren, Würmern, Weichthieren, Sternthieren, Gliederthieren, Wirbelthieren. Daraus folgt die gemeinsame Abstammung dieser Aller von einer einzigen Stammform: Gastraea. Die Gastrula des Amphioxus bildet aus einer Rückenfurche ein Markrohr und zwischen diesem und dem Darmrohr eine Chorda; beiderseits der Chorda eine Reihe von Muskelplatten: Metameren. Schicksale der vier secundären Keimblätter. Der Darmcanal zerfällt in einen vorderen Kiemendarm und einen hinteren Magendarm. Aus dem Darmfaserblatt entstehen Blutgefässe. Die Ontogenese der Ascidie ist anfangs mit der des Amphioxus identisch. Es entsteht dieselbe Gastrula, welche zwischen Markrohr und Darmrohr eine Chorda bildet. Rückschreitende Entwickelung derselben. Der Schwanz mit der Chorda wird abgestossen. Die Ascidie setzt sich fest und umhüllt sich mit dem Cellulose-Mantel.

XIV.

Meine Herren!

Die Eigenthümlichkeiten des Körperbaues, durch welche sich die Wirbelthiere von den Wirbellosen unterscheiden, sind so hervortretend, dass die Verwandtschaft dieser beiden Hauptgruppen des Thierreiches in früheren Zeiten der Systematik die grössten Schwierigkeiten bereitete. Als man der Descendenz-Theorie entsprechend die Verwandtschaft der verschiedenen Thiergruppen in mehr als bildlichem Sinne, in wirklich genealogischem Sinne zu betrachten begann, trat auch diese Frage alsbald in den Vordergrund, und schien eines der grössten Hindernisse für die Durchführung der Descendenz-Theorie zu bereiten. Schon früher, als man ohne den Grundgedanken des wahren genealogischen Zusammenhanges die Verwandtschaftsverhältnisse der grossen Hauptgruppen des Thierreiches, der sogenannten „Typen" von BAER und CUVIER, untersuchte, hatte man hie und da bei verschiedenen Wirbellosen Anknüpfungspunkte für die Wirbelthiere zu finden geglaubt; einzelne Würmer namentlich schienen im Körperbau den Wirbelthieren sich zu nähern, so z. B. der im Meere lebende Pfeilwurm (Sagitta). Allein bei tieferem Eingehen zeigten sich die versuchten Vergleiche unhaltbar. Nachdem DARWIN durch seine Reform der Descendenz-Theorie den Anstoss zu einer wahren Phylogenie des Thierreiches gegeben hatte, schien gerade dieses Verhältniss eine der bedeutendsten Schwierigkeiten darzubieten. Als ich selbst in meiner generellen Morphologie (1866) den Versuch unternahm, die Descendenz-Theorie speciell durchzuführen und auf das natürliche System anzuwenden, hat kein Theil derselben mir solche Bedenken verursacht, als die Anknüpfung der Wirbelthiere an die Wirbellosen.

Gerade zu dieser Zeit aber wurde ganz unverhoffter Weise die wahre Anknüpfung entdeckt, und zwar an einem Punkte, wo man

sie am wenigsten erwartete. Gegen das Ende des Jahres 1866 erschienen in den Abhandlungen der Petersburger Akademie zwei Arbeiten von dem russischen Zoologen KOWALEVSKY, der längere Zeit in Neapel verweilt und sich mit der Entwickelungsgeschichte niederer Thiere beschäftigt hatte. Ein glücklicher Zufall hatte KOWALEVSKY fast gleichzeitig auf die Entwickelungsgeschichte des niedersten Wirbelthieres, des Amphioxus, und auf diejenige eines wirbellosen Thieres geführt, dessen unmittelbare Verwandtschaft mit dem Amphioxus man am wenigsten vermuthet hatte, nämlich der Ascidie. Zur grössten Ueberraschung von DARWIN selbst, und von allen Zoologen, die sich für jenen wichtigen Gegenstand interessirten, ergab sich von Anbeginn der individuellen Entwickelung an die grösste Uebereinstimmung in der Entstehung der Körperbildung zwischen diesen beiden ganz verschiedenen Thieren, zwischen dem niedersten Wirbelthiere, dem Amphioxus, einerseits, und jenem missgestalteten, am Meeresgrunde festgewachsenen Klumpen, der Ascidie, anderseits. Mit dieser unleugbaren Uebereinstimmung der Ontogenese, welche bis zu einem überraschenden Grade nachzuweisen ist, war natürlich nach dem biogenetischen Grundgesetze unmittelbar auch die längst gesuchte genealogische Anknüpfung gefunden, und die Thiergruppe bestimmt erkannt, welche zu den Wirbelthieren die nächste Blutsverwandtschaft besitzt. Es kann kein Zweifel mehr sein, besonders seitdem KUPFFER und mehrere andere Zoologen diese Untersuchungen bestätigt und fortgeführt haben, dass unter allen Klassen der wirbellosen Thiere diejenige der Mantelthiere, und unter diesen die Ascidien die nächsten Blutsverwandten der Wirbelthiere sind. Man kann nicht sagen: die Wirbelthiere stammen von den Ascidien ab; wohl aber darf man sicher behaupten: unter allen wirbellosen Thieren sind die Tunicaten, und unter diesen wieder die Ascidien, diejenigen, welche der Stammform der Wirbelthiere am nächsten blutsverwandt sind. Als gemeinsame Stammform beider Gruppen muss eine ausgestorbene Gattung aus dem gestaltenreichen Würmerstamme angenommen werden (Taf. III, Fig. 12).

Um nun dieses auserordentlich wichtige Verhältniss genügend zu würdigen und besonders für den von uns gesuchten Stammbaum der Wirbelthiere die sichere Basis zu gewinnen, ist es unerlässlich, die Keimesgeschichte jener beiden merkwürdigen Thierformen eingehend zu betrachten und die individuelle Entwickelung des Am-

phioxus mit derjenigen der Ascidie Schritt für Schritt zu vergleichen. (Vergl. Taf. VII und S. 314.)

Wir beginnen mit der Ontogenie des Amphioxus (Taf. VII, Fig. 7—12). KOWALEVSKY verweilte bereits mehrere Monate in Neapel mit der bestimmten Absicht, die völlig unbekannte Ontogenese des Amphioxus kennen zu lernen, ehe es ihm gelang, die reifen Eier in den ersten Stadien der Entwickelung zu beobachten. Erst im Monat Mai, in warmen Abendstunden, und zwar zwischen sieben und acht Uhr, wie KOWALEVSKY berichtet, beginnen die Lanzetthierchen ihre Geschlechtsproducte zu entleeren. Um diese Zeit bemerkte er, dass zuerst die männlichen Thierchen eine weissliche Flüssigkeit aus dem Munde entleerten, das Sperma, und dass etwas später die Weibchen, veranlasst durch den Reiz des Sperma, ihre Eier ebenfalls in das Wasser absetzten. Die Entleerung der Geschlechtsproducte scheint demnach hier nicht, wie man früher annahm, durch die Bauchöffnung (den Porus abdominalis), sondern durch die Mundöffnung zu erfolgen. Wahrscheinlich dient, wie bereits angeführt, der rudimentäre Urnierengang als Ausführungsgang für dieselben. Die Eier des Weibchens und ebenso die Samenmassen des Männchens werden zunächst in den vermuthlichen Urnierengang (den sogenannten „Seitencanal“, Taf. VII, Fig. 13 *u*) gerathen, und da dieser vorn in die Mundhöhle mündet, durch die Mundöffnung ausgeworfen werden. Die Eier sind ganz einfache kugelige Zellen, wie die Eier der meisten anderen Thiere. Sie haben nur $\frac{1}{10}$ Millimeter Durchmesser, sind also halb so gross als die Säugethier-Eier und bieten durchaus nichts Besonderes dar (Taf. VII, Fig. 7). In jeder Eizelle ist der Eikern oder das helle kugelige Keimbläschen deutlich zu erkennen, und in diesem der Keimfleck (das Kernkörperchen). Die Befruchtung erfolgt dadurch, dass die beweglichen stecknadelförmigen Geisselzellen des Sperma sich dem Eie nähern und mit ihrem Kopftheil, das heisst mit dem Zellenkörper, welcher den Zellenkern umschliesst, in die Dottermasse oder in die Zellsubstanz des Eies einbohren[64]).

Unmittelbar nach erfolgter Befruchtung scheint der Kern der Eizelle zu verschwinden, aber alsbald durch einen neugebildeten Kern ersetzt zu werden, der dann durch Theilung in zwei Kerne zerfällt. Der Dotter der Eizelle schnürt sich ringförmig zwischen beiden Kernen ein, und so entstehen zwei neue Zellen, die beiden ersten „Furchungskugeln“. Jede derselben zerfällt durch Theilung wiederum in

zwei Zellen (Taf. VII, Fig. 8). Aus diesen vier Zellen werden durch fortgesetzte Halbirung 8, 16, 32 Zellen u. s. w. Kurz es wiederholt sich das Ihnen bekannte Schauspiel der regulären totalen Furchung, wie sie bei den meisten niederen Thieren, aber auch bei den Säugethieren sich findet. Die daraus hervorgehenden Zellen bilden die bekannte maulbeerförmige Zellenmasse oder Morula, einen kugeligen Haufen von lauter gleichartigen Furchungskugeln (vergl. oben Fig. 18, S. 146). Im Inneren dieses Haufens sammelt sich nun Flüssigkeit an, gerade wie beim Säugethier-Ei, und die Folge davon ist hier wie dort die Bildung einer kugeligen Blase, deren Wand aus einer einzigen Zellenschicht zusammengesetzt ist (Taf. VII, Fig. 9). Wir können diese Blase, wie beim Säugethier-Ei (Fig. 19, S. 147), als Keimhautblase, *Blastosphaera* oder *Vesicula blastodermica* bezeichnen. Den Inhalt derselben bildet eine klare Flüssigkeit; die Wand, die nur aus einer einzigen Zellenschicht besteht, ist die Keimhaut oder das *Blastoderma*.

Diese Processe gehen beim Amphioxus so rasch vor sich, dass bereits vier bis fünf Stunden nach erfolgter Befruchtung, also um Mitternacht, die kugelige Keimblase fertig ist. Sie werden jetzt vielleicht nach Analogie der menschlichen Keimblase erwarten, dass sich an einer Stelle dieser Kugel ein Fruchthof und in diesem ein Primitiv-Streif entwickelt. Dies ist jedoch nicht der Fall. Vielmehr entsteht an einer Seite der kugeligen Blase eine grubenartige Vertiefung, durch welche die Blase gewissermaassen in sich selbst eingestülpt wird. Diese Grube wird immer tiefer, während die kugelige Gestalt der Keimblase in die länglich-runde oder ellipsoide übergeht. Schliesslich wird die Einstülpung vollständig, so dass der innere eingestülpte Theil der Blasenwand sich an den äusseren, nicht eingestülpten Theil inwendig anlegt. Auf diese Weise entsteht ein fast halbkugeliger hohler Körper, dessen dünne Wand aus zwei Zellenschichten zusammengesetzt ist. Die halbkuglige Gestalt desselben geht bald wieder in eine fast kugelige oder eiförmige über, indem die innere Höhle sich bedeutend erweitert, ihre Mündung dagegen verengt (Taf. VII, Fig. 10).

Die Form, welche der Embryo des Amphioxus jetzt auf diese Weise erlangt hat, ist höchst interessant und wichtig. Wie Sie wohl schon errathen können, ist diese Form identisch mit der früher beiläufig von uns erwähnten Entwickelungsform niederer Thiere, welche

wir mit dem Namen Gastrula oder Darmlarve belegten. Ihr ganzer Körper ist wesentlich ein Darmschlauch, dessen Wand aus zwei Zellenschichten zusammengesetzt ist. Diese zwei Schichten sind Nichts weiter, als die beiden wohlbekannten primären Keimblätter. Die innere Zellenschicht oder der eingestülpte Theil der Keimblase, welcher die Darmhöhle unmittelbar umgiebt, ist das Entoderm, das innere oder vegetative Keimblatt, aus welchem sich die Wandung des Darmcanals und aller seiner Anhänge entwickelt. Die äussere Zellenschicht oder der nicht eingestülpte Theil der Keimblase ist das Exoderm, das äussere oder animale Keimblatt, welches die Grundlage der Leibeswand, der Haut, des Fleisches, des Central-Nervensystems u. s. w. liefert. Die Zellen der inneren Schicht oder des Entoderms sind bedeutend grösser, trüber, dunkler und fettreicher, als diejenigen der äusseren Schicht oder des Exoderms, welche klarer, heller und weniger reich an Fetttropfen sind. Es tritt also bereits während der Einstülpung eine Sonderung oder Differenzirung der inneren eingestülpten und der äusseren nicht eingestülpten Zellenschicht auf. Die Zellen der äusseren Schicht bedecken sich bald mit Flimmerhärchen; aus ihrem Protoplasma wachsen nämlich feine, kurze, fadenförmige Anhänge, sogenannte Flimmerhaare hervor (Fig. 98 *e*), welche sich beständig in schwingender Be-

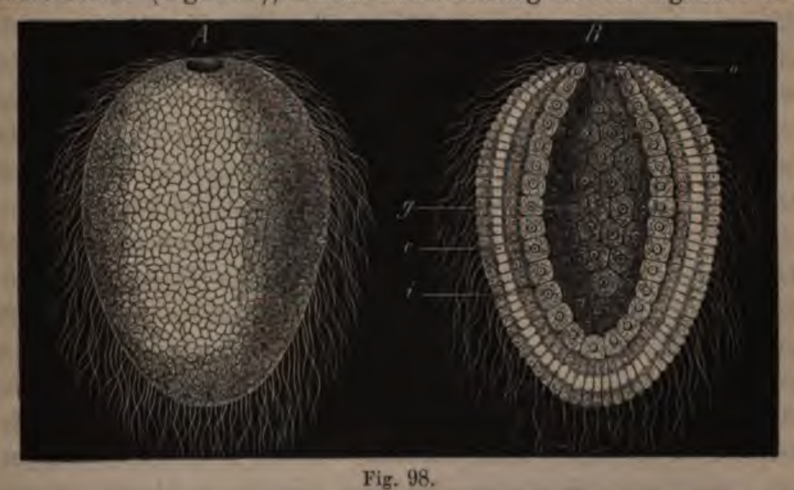


Fig. 98.

Fig. 98. Gastrula eines Kalkschwammes (Olynthus). *A* von aussen, *B* im Längsschnitt durch die Axe. *g* Urdarm. *o* Urmund. *i* Darmblatt oder Entoderm. *e* Hautblatt oder Exoderm.

wegung befinden. Durch die Bewegung dieses Flimmer-Epitheliums dreht sich der Embryo rotirend um seinen Mittelpunkt, durchbricht die Eihülle und treibt sich nunmehr frei schwimmend im Meere als sogenannte „Larve“ umher.

Die ausserordentlich hohe Bedeutung, welche ich dieser Darmlarve oder Gastrula beimesse, gründet sich darauf, dass ganz dieselbe Entwickelungsform, wie sie hier beim Amphioxus auftritt, sich bei höheren und niederen Thieren der verschiedensten Klassen wiederfindet. Erst die embryologischen Untersuchungen der letzten Jahre, insbesondere diejenigen von KOWALEVSKY, haben uns mit dieser hochwichtigen Thatsache bekannt gemacht. Ganz dieselbe Gastrula-Form, wie beim Amphioxus, entwickelt sich aus der Furchung der Eizelle auch bei den Schwämmen oder Spongien, wie ich im Jahre 1869 nachgewiesen habe (Fig. 98). Dieselbe Darmlarve ist ausserdem im Stamme der Pflanzenthiere, bei den Polypen, Medusen und Korallen, weit verbreitet. Dieselbe Form findet sich auch bei der Ontogenese der verschiedensten Würmer vor. Sie ist hier durch die Untersuchungen von KOWALEVSKY bei *Phoronis* und *Euaxes*, beim Regenwurm (*Lumbricus*) und beim Pfeilwurm (*Sagitta*) nachgewiesen. Derselbe hat gezeigt, dass auch aus dem Ei der Mantelthiere oder Tunicaten, und namentlich aus dem Ei der Seescheiden oder Ascidien (Taf. VII, Fig. 4) die gleiche Entwickelungsform hervorgeht. Erst im letzten Jahre ist bei zahlreichen Weichthieren oder Mollusken (Schnecken und Muscheln) von dem englischen Naturforscher RAY-LANKESTER die gleiche Gastrula-Form beobachtet worden. Dieselbe Form der Gastrula wurde bei verschiedenen Echinodermen oder Sternthieren (Seeigeln, Seegurken, Seesternen) von ALEXANDER AGASSIZ und von anderen Zoologen wiedergefunden. Bei den Arthropoden oder Gliederthieren entwickelt sich zwar nicht die mit Flimmerhaaren bedeckte Gastrula aus dem Ei, wohl aber eine embryonale Form, welche unmittelbar aus der Gastrula abzuleiten ist und nur eine leichte Modification derselben darstellt. Wir finden also ganz die gleiche Urform der Darmlarve bei den verschiedensten Thieren aus allen Stämmen, vom einfachsten Schwamme bis zum Amphioxus hinauf, wieder. Einzig davon ausgenommen ist die Abtheilung der Urthiere oder Protozoen, bei denen sich überhaupt noch keine Keimblätter und keine Darmhöhle ausbilden.

Diese merkwürdige Thatsache muss als eine der bedeutendsten angesehen werden, die wir überhaupt in der Entwickelungsgeschichte der Thiere antreffen. Denn wenn wir uns jetzt wieder unseres biogenetischen Grundgesetzes erinnern und den causalen Zusammenhang der Ontogenese und der Phylogenese geltend machen, so dürfen wir den folgenschweren Satz aufstellen: *Die allgemeine Verbreitung der Gastrula in den verschiedensten Thierstämmen beweist uns die gemeinsame Descendenz aller dieser Thierstämme von einer einzigen ausgestorbenen gemeinsamen Stammform.* Diese Stammform muss wesentlich der *Gastrula* gleich gebildet gewesen sein: wir haben dieselbe bereits früher mit dem Namen *Gastraea* belegt. Dieser Satz bildet den Kern der *Gastraea-Theorie*, welche ich zuerst in meiner Monographie der Kalkschwämme aufgestellt und 1873 in einem besonderen Aufsatze über „die Homologie der Keimblätter“ näher begründet habe [13]).

Die Gastraea-Theorie erscheint mir einerseits so einfach und klar, anderseits so eingreifend und folgenreich, dass ich dieselbe Ihrem gründlichsten Nachdenken empfehlen möchte. Wir gehen dabei von der feststehenden *Thatsache* aus, dass alle Thierstämme (mit einziger Ausnahme des allerniedrigsten, der Protozoen, welche noch keine Keimblätter bilden) in ihrer Keimesgeschichte die *Darmlarve* zeigen. Viele oder wenigstens einzelne ihrer Formen (und gerade die *ursprünglichsten*!) durchlaufen noch heute in ihrer ersten Jugend den Entwickelungszustand der Gastrula. Daraus folgt unmittelbar, dass alle diese Thierstämme phylogenetisch von einer gemeinsamen Stammform abzuleiten sind, welche im wesentlichen der Gastrula gleich gebildet war. Jene Thatsache ist um so interessanter und bedeutungsvoller, als die ontogenetische Entwickelungsform der *Gastrula* und die ihr correspondirende phylogenetische Entwickelungsform der *Gastraea* eigentlich vollkommen dem Bilde entsprechen, dass man sich *a priori* von einer *möglichst einfachen Thierform mit zwei Keimblättern* entwerfen könnte. Der Darmcanal ist das älteste und wichtigste Organ des vielzelligen Thierkörpers. Denn es ist offenbar, dass der vielzellige Thierkörper, der sich organologisch zu differenziren begann, vor allen sich ein besonderes Ernäherungsorgan, eine Darmhöhle, bilden musste. Alle anderen Organe sind, dem Darme gegenüber, von secundärer Be-

deutung. Nun ist aber der ganze Körper der Gastrula eigentlich nur Darm. Seine innere Höhle ist die ernährende Darmhöhle, und deren Oeffnung ist die Mundöffnung zur Nahrungsaufnahme. Von den beiden einfachen Zellenschichten seiner Wand dient die innere bloss zur Verdauung, die äussere zur Bedeckung und Bewegung des Körpers. Wenn man sich also *a priori* ein Bild von dem einfachsten Darmthiere entwerfen wollte, so würde man nothwendig auf die Vorstellung einer solchen Gastrula kommen, wie sie thatsächlich in der Ontogenesis der verschiedensten Thiere existirt. Der Philosoph, der diesen Gedanken verfolgt, muss sich sagen, dass mit Nothwendigkeit diese Thierform entstehen musste, ehe sich andere entwickeltere Thierformen aus ihr durch Differenzirung hervorbilden konnten.

Wir werden auf diese Gastrula und die ihr entsprechende Gastraea noch mehrmals zurückkommen müssen und wollen sie daher jetzt verlassen. Doch möchte ich mit ein paar Worten gleich hier den wichtigsten Einwand widerlegen, den Sie meiner Gastraea-Theorie entgegen halten könnten. Dieser Einwand, der auf den ersten Blick vielleicht schwer zu wiegen scheint, besteht darin, dass die vollständige Gastrula-Form in der Keimesgeschichte des Menschen und vieler anderen höheren Thiere heutzutage nicht mehr auftritt. Hiergegen ist aber zu erwiedern, dass trotzdem bei allen diesen Thieren und auch beim Menschen in der ersten Zeit der Ontogenese ein zweiblättriger Keimzustand auftritt, d. h. ein Stadium, in welchem der ganze Körper des Embryo ausschliesslich aus den beiden primären Keimblättern entsteht. Dass diese beiden Blätter hier oft nicht von Anfang an einen Urdarm mit Mundöffnung umschliessen (wie bei der Gastrula), sondern flach ausgebreitet die Keimscheibe (*Blastodiscus*) oder den Fruchthof bilden, welcher auf der Oberfläche eines kugeligen Nahrungsdotters aufliegt, das ist ein Umstand von untergeordneter secundärer Bedeutung; das ist erst durch die allmähliche historische Ausbildung eben dieses „Nahrungsdotters" bedingt, welche auf secundärer Anpassung beruht. Das primäre phylogenetische Bildungs-Verhältniss des zweiblättrigen Thierkörpers bietet uns unstreitig die Gastrula dar, welche von der uralten gemeinsamen Stammform der Gastraea her wenigstens bei einzelnen Repräsentanten aller Thierstämme (mit Aus-

nahme der Urthiere) durch Vererbung bis auf den heutigen Tag sich erhalten hat[65]).

Indem wir diese fundamentale Thierform der Gastrula fest im Auge behalten, wollen wir nun zunächst die individuelle Entwickelung des Amphioxus weiter verfolgen. Die Gastrula desselben ist anfangs fast kugelig, nimmt aber dann bald eine länglich gestreckte oder ellipsoide Gestalt an (Taf. VII, Fig 10). Nun beginnt auf einer Seite dieses Ellipsoid sich abzuflachen, parallel der Längsaxe. Die abgeflachte Seite ist die spätere Rückenseite; die entgegengesetzte Bauchseite bleibt rund gewölbt. In der Mitte der Rückenfläche entsteht eine seichte Längsfurche oder Rinne (Fig. 99), und beiderseits dieser Rinne erheben sich die Ränder des Körpers in Form zweier paralleler Leisten oder Längswülste. Sie werden jetzt schon errathen, dass jene Rinne die Primitivrinne oder Rückenfurche ist, und dass diese Wülste nichts anderes sind, als die Rückenwülste, welche die erste Anlage des Central-Nervensystems, des Markrohres, bilden. Die beiden Rückenwülste oder Markwülste werden höher und höher; die Primitivrinne wird immer tiefer. Die Ränder der beiden parallelen Wülste wölben sich gegen einander, verwachsen schliesslich mit ihren Rändern, und das Markrohr oder Medullarrohr ist fertig (Taf. VII, Fig. 11 *m*). Es erfolgt also an der freien Rückenfläche der Amphioxus-Larve in ganz derselben Weise die Bildung eines Markrohres aus der äusseren Oberhaut, wie wir sie beim Embryo des Menschen und der höheren Wirbelthiere überhaupt innerhalb der Eihülle wahrgenommen haben. Auch dort wie hier schnürt sich das Medullarrohr schliesslich vollständig von der Hornplatte ab. Eigenthümlich ist der Umstand, dass das Medullarrohr an demjenigen Körperende, welches später das vordere oder Mundende des Amphioxus ist, anfänglich offen bleibt und eine äussere Mündung besitzt (Taf. VII, Fig. 11 *ma*).

Schon während die erste Spur der Rückenfurche erscheint, spalten sich die beiden primären Keimblätter der Amphioxus-Larve in die vier secundären Keimblätter (Fig. 99 Querschnitt). Rings um das innere vegetative Blatt des Darmrohres entsteht durch Theilung von dessen Zellen eine zweite äussere Zellenschicht, das Darmfaserblatt (*df*): aus ihr entstehen die Muskeln und Faserhäute des Darmcanals und die Blutgefässe. Die ursprünglich innerste Zellenschicht muss nunmehr als Darmdrüsenblatt bezeichnet werden (*dd*). Ganz ent-

sprechend zerfällt auch das äussere animale Keimblatt durch Theilung seiner Zellen in zwei Schichten: ein äusseres Hautsinnesblatt (Fig. 99 *hs*) und ein inneres Hautfaserblatt (*hm*). Ersteres bildet die Oberhaut und das Markrohr, letzteres die Lederhaut und die Rumpf-Muskulatur. Für unsere Keimblätter-Theorie ist es sehr wichtig, dass sich gerade hier beim Amphioxus deutlich der Ursprung des Hautfaserblattes aus dem animalen, und der Ursprung des Darmfaserblattes aus dem vegetativen Keimblatte nachweisen lässt.

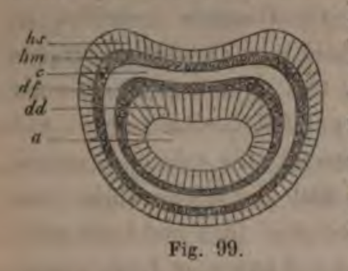


Fig. 99.

Gleich nachdem sich die vier secundären Keimblätter gesondert haben, erscheint in der Rückenlinie des Hautfaserblattes, unmittelbar über dem Darmrohr (*d*) und unter dem Nervenrohr (*m*) (also in der Längsaxe des Körpers) ein cylindrischer Zellenstrang. Das ist die Chorda dorsalis oder der Axenstab (Taf. VII, Fig. 11, 12 *ch*). Die seitlichen Theile des Hautfaserblattes, welche beiderseits der Chorda liegen, und die wir auch hier „Seitenplatten" nennen könnten, spalten sich in zwei Schichten, eine dünne Lederhaut und eine darunter liegende Muskelplatte. Letztere zerfällt alsbald in eine Anzahl von gleichartigen, hinter einander gelegenen Abschnitten. Das sind die Seitenrumpf-Muskeln, welche die erste Gliederung oder Metameren-Bildung des Körpers andeuten (Taf. VII, Fig. 12 *mp*).

Durch diese Sonderungen hat sich die Gastrula des Amphioxus in einen Wirbelthierkörper von einfachster Anlage verwandelt, mit derjenigen charakteristischen Lagerung der Grundorgane, welche ausschliesslich den Wirbelthieren zukommt (vergl. Fig. 31, S. 177). Unmittelbar unter der Haut finden wir auf der Rückenseite das Nervenrohr, auf der Bauchseite das Darmrohr und in der Mitte zwischen beiden Röhren die feste Axe, die Chorda. Wenn wir die Larve des Amphioxus jetzt von der Seite betrachten (Taf. VII, Fig. 11, 12), so zeigt sich folgendes Bild: Oben liegt das Markrohr, das sich vorn noch durch eine Mündung öffnet; unmittelbar unter demselben liegt

Fig. 99. Querschnitt durch die Larve von Amphioxus (nach KOWALEVSKY). *hs* Hautsinnesblatt. *hm* Hautfaserblatt. *c* Coelomspalte (Leibeshöhlen-Anlage). *df* Darmfaserblatt. *dd* Darmdrüsenblatt. *a* Urdarm (Primitive Darmhöhle). Oben erscheint die Rückenfurche.

die starke Chorda (*ch*) und unter dieser das viel weitere Darmrohr (*d*). Auch dieses zeigt an einem Ende eine Mündung, den ursprünglichen Gastrula-Mund (*o*). Nun ist es aber sehr merkwürdig, dass dieser Urmund nicht die spätere bleibende Mundöffnung des Amphioxus, sondern die spätere Afteröffnung werden soll. Der spätere bleibende Mund soll sich nach KOWALEVSKY's Angaben erst secundär, von aussen her, am entgegengesetzten Ende bilden. Auch beim Menschen und den höheren Wirbelthieren überhaupt entsteht der Mund, wie Sie sich erinnern, als eine Grube in der äusseren Haut und bricht dann nach innen durch, indem er sich mit dem blinden Vorderende des Darmrohres in Verbindung setzt. Zwischen dem Darmrohr und dem Nervenrohr finden wir die Chorda dorsalis als einen knorpelartigen, cylindrischen Stab, welcher durch die ganze Länge des Larvenkörpers hindurchgeht. Beiderseits der Chorda liegen die Muskelplatten, welche bereits in eine Anzahl von einzelnen Stücken oder Urwirbel-Segmenten (zehn bis zwanzig auf jeder Seite) zerfallen sind; letztere sind durch einfache schräge parallele Grenzlinien von einander getrennt; beim ausgebildeten Thiere bildet später jede Grenzlinie nach vorn einen spitzen Winkel (Taf. VIII, Fig. 15 *r*). Die Zahl der einzelnen Muskelplatten bezeichnet die Zahl der Metameren, aus welchen sich der Körper zusammensetzt. Diese Zahl ist anfangs gering, nimmt dann aber in der Richtung von vorn nach hinten beträchtlich zu. Das beruht auf derselben terminalen Knospenbildung, durch welche auch die Kette der Urwirbel-Segmente beim menschlichen Embryo wächst. Auch hier sind die vordersten Metameren die ältesten und die hintersten sind die jüngsten. Jedem Metamere entspricht zugleich ein bestimmter Abschnitt des Markrohres und ein Paar Rückenmarks-Nerven, die von diesem aus an die Muskeln und die Haut treten[66]).

Während diese charakteristischen Sonderungen in den beiden Spaltungslamellen des animalen Keimblattes vor sich gehen, während sich aus dem Hautsinnesblatte das Markrohr und die Oberhaut, aus dem Hautfaserblatte die Chorda und die Muskelplatten differenziren, erfolgen nicht minder wichtige und für den Wirbelthier-Typus bezeichnende Vorgänge im vegetativen Keimblatte. Die innere Spaltungslamelle desselben, das Darmdrüsenblatt, erleidet zwar wenig Veränderungen; sie bildet bloss die innere Zellenauskleidung oder das Epithelium des Darmrohres (*d*). Die äussere Lamelle aber, das

Darmfaserblatt, bildet theils die Muskelhülle des Darmes, theils die Blutgefässe. Wahrscheinlich gleichzeitig entstehen aus diesem Blatte zwei Hauptgefässe: ein oberes oder Rückengefäss, der Aorta entsprechend, zwischen dem Darm und der Chorda dorsalis (Fig. 13 *t*, 16 *t*), und ein unteres oder Bauchgefäss, dem Herzen und der Darmvene entsprechend, am unteren Rande des Darmes, zwischen diesem und der Bauchhaut (Fig. 13 *v*, Fig. 15 *v*). Es bilden sich ferner jetzt im vorderen Theile des Darmcanals die Kiemen oder die Athmungs-Organe aus. Der ganze vordere oder respiratorische Abschnitt des Darmes verwandelt sich in einen Kiemenkorb, der gitterartig von zahlreichen Kiemenlöchern durchbrochen wird, wie bei den Ascidien. Dies geschieht dadurch, dass der vorderste Theil der Darmwand mit der äusseren Haut stellenweise verwächst, und dass in diesen Verwachsungsstellen Spalten entstehen, Durchbrüche der Wand, welche von aussen in das Innere des Darmes hineinführen. Anfangs sind nur sehr wenige solche Kiemenspalten vorhanden; bald aber liegen zahlreiche, erst in einer, dann in zwei Reihen hinter einander. Die vorderste Kiemenspalte ist die älteste. Zuletzt findet man jederseits ein Gitterwerk von feinen Kiemenspalten. Wir müssen besonders hervorheben, dass anfangs beim Embryo des Amphioxus, wie beim Embryo aller übrigen Wirbelthiere, die Seitenwand des Halses derart von wenigen Spalten durchbrochen wird, dass man unmittelbar durch dieselben von der äusseren Haut aus in den Vorderdarm eingehen kann (vergl. Taf. VIII, Fig. 16 *k*). Später erhebt sich auf der Bauchseite des vorderen Körperendes rechts und links eine Hautfalte, dergestalt, dass die Kiemenspalten wieder bedeckt werden. Indem die beiden Hautfalten unten gegen einander wachsen und schliesslich verschmelzen, entsteht eine geschlossene Kiemenhöhle, welche ganz derjenigen der Fische entspricht, gleichzeitig aber auch mit derjenigen der Ascidien identisch ist. Die Kiemenhöhlen der Ascidien, des Amphioxus, der Fische und der Amphibien-Larven müssen als gleichwerthige oder homologe Theile gelten. Nachdem die Kiemenhöhle des Amphioxus gebildet ist, tritt das Athemwasser, welches durch den Mund aufgenommen wurde, nicht mehr direct durch die Kiemenspalten, sondern durch ein besonderes Loch der ersteren nach aussen. Der hinter dem Kiemenkorbe gelegene Theil des Darmcanals verwandelt sich in den Magendarm und bildet auf der rechten Seite eine unpaare taschenförmige Ausstülpung, die sich zum

Leberblindsack entwickelt. Dieser Theil des Darmcanals liegt frei in der Leibeshöhle, welche durch Auseinanderweichen des Darmfaserblattes und des Hautfaserblattes entsteht.

In diesem Stadium der Entwickelung stimmt der Körperbau der Amphioxus-Larve fast noch vollständig mit dem idealen Bilde überein, welches wir uns früher vom „Urwirbelthier" entworfen haben (vergl. S. 177, Fig. 31, 32). Späterhin erleidet der Körper noch verschiedene Veränderungen, besonders im vorderen Theile. Diese Umbildungen sind für uns hier von keinem Interesse, da sie auf speciellen Anpassungs-Verhältnissen beruhen und den erblichen Wirbelthier-Typus nicht berühren. Von den übrigen Körpertheilen des Amphioxus hätten wir nur noch zu erwähnen, dass sich die Keimdrüsen oder die inneren Geschlechtsorgane erst sehr spät entwickeln, und zwar, wie es scheint, unmittelbar aus dem inneren Zellenbelag der Leibeshöhle oder Pleuroperitonealhöhle, aus dem Coelom-Epithel. Im Uebrigen ist die weitere Umbildung der von uns verfolgten Larve in die erwachsene Amphioxus-Form so einfach, dass wir hier nicht weiter darauf einzugehen brauchen.

Wir wenden uns jetzt vielmehr zur Entwickelungsgeschichte der Ascidie, dieses scheinbar so viel tiefer stehenden und so viel einfacher organisirten Thieres, das den grössten Theil seines Lebens auf dem Meeresgrunde als unförmlicher Klumpen festgewachsen bleibt. Es war ein sehr glücklicher Zufall, dass KOWALEVSKY gerade diejenigen grösseren Ascidienformen bei seinen Untersuchungen zuerst in die Hände bekam, welche die Verwandtschaft der Wirbelthiere mit den Wirbellosen am deutlichsten beweisen, und deren Larven sich in den ersten Abschnitten der Entwickelung vollkommen gleich derjenigen des Amphioxus verhalten. Diese Uebereinstimmung geht in allem Wesentlichen so weit, dass ich eigentlich bloss wörtlich das von der Ontogenesis des Amphioxus Gesagte zu wiederholen brauche.

Das Ei der grösseren Ascidien (*Phallusia*, *Cynthia* u. s. w.) ist eine einfache kugelige Zelle von $^1/_{10}$—$^1/_5$ Millimeter Durchmesser. In dem trüben feinkörnigen Dotter findet sich ein helles kugeliges Keimbläschen oder ein Eikern von ungefähr $^1/_{50}$ Millimeter Durchmesser, welcher einen kleinen Keimfleck oder Nucleolus einschliesst (Fig. 1, Taf. VII). Innerhalb der Hülle, welche das Ei umgiebt, durchläuft nun nach erfolgter Befruchtung die Eizelle der Ascidie genau dieselben Verwandlungen, wie das Ei des Amphioxus. Zunächst ent-

stehen durch wiederholte Theilung aus der Eizelle erst zwei, dann vier (Fig. 2), dann acht Zellen u. s. w. Durch fortgesetzte totale Furchung bildet sich die Morula, der maulbeerförmige Haufen von gleichartigen Zellen. Im Inneren desselben sammelt sich Flüssigkeit an, und so entsteht wiederum eine kugelige Keimblase, deren Wand eine einzige Zellenschicht, das Blastoderm bildet (Taf. VII, Fig. 3). Ganz ebenso wie beim Amphioxus wird die Keimblase in sich selbst eingestülpt, indem sich eine Grube bildet, die immer tiefer wird. Schliesslich wird diese Einstülpung vollständig, indem der innere eingestülpte Theil des Blastoderms den äusseren nicht eingestülpten Theil berührt und sich an ihn anlegt. Der erstere ist nunmehr das vegetative, der letztere das animale Keimblatt. Schon während der Einstülpung differenziren sich die beiden Blätter, indem die Zellen des inneren vegetativen Blattes grösser und dunkler bleiben. Der becherförmige Körper mit einer weiten inneren Höhle und einer zweischichtigen Wand, der so entsteht, ist wiederum nichts Anderes, als eine echte Gastrula (Taf. VII, Fig. 4).

Insoweit läge nun in der Entwickelungsgeschichte der Ascidie noch gar kein bestimmender Grund, dieselbe irgendwie in nähere Verwandtschaft mit den Wirbelthieren zu bringen; denn dieselbe Darmlarve oder Gastrula entsteht ja auf dieselbe Weise auch bei den verschiedensten Thieren aus anderen Stämmen. Jetzt aber tritt ein Entwickelungsprocess auf, der nur den Wirbelthieren eigenthümlich ist und der gerade die Stammesverwandtschaft der Ascidie mit den Wirbelthieren unwiderleglich beweist. Es entsteht nämlich aus der äusseren Oberhaut der Gastrula ein Markrohr und zwischen diesem und dem Urdarm eine Chorda: Organe, die sich sonst nur bei den Wirbelthieren finden und diesen ausschliesslich eigenthümlich sind. Die Bildung dieser höchst wichtigen Organe geschieht bei der Gastrula der Ascidien ganz ebenso wie bei derjenigen des Amphioxus. Es entsteht auch bei der Ascidien-Larve auf der einen Seite der länglich-runden oder eiförmigen Körpers eine Abflachung (vergl. Fig. 99, S. 328). Auch hier erheben sich beiderseits der Rinne zwei parallele Zellenwülste oder Leisten, wachsen oben über ihr zusammen und bilden so ein Rohr; auch hier ist dieses Nervenrohr oder Markrohr anfangs vorn offen, hinten aber geschlossen. Ferner bildet sich auch bei der Ascidien-Larve die bleibende Mundöffnung neu, und entsteht nicht aus dem Munde der Gastrula; dieser wird vielmehr

zur späteren Afteröffnung und liegt also an dem hinteren, der Markrohrmündung entgegengesetzten Körperende (Taf. VII, Fig. 5 *a*).

Während dieser Vorgänge, die ganz so wie beim Amphioxus sich gestalten, wächst aus dem hinteren Ende des Larvenkörpers ein schwanzförmiger Anhang hervor, und die Larve krümmt sich innerhalb der kugeligen Eihülle so zusammen, dass die Rückenseite sich hervorwölbt, während der Schwanz auf die Bauchseite zurückgeschlagen wird. In diesem Schwanze entwickelt sich nun ein cylindrischer, aus Zellen zusammengesetzter Strang, dessen vorderes Ende in den Körper der Larve zwischen Darmrohr und Nervenrohr hineinragt, und der nichts Anderes ist, als die Chorda dorsalis, ein Organ, welches man bisher einzig und allein bei den Wirbelthieren kannte und von welchem sich bei den wirbellosen Thieren sonst keine Spur vorfindet. Anfänglich besteht die Chorda auch hier nur aus einer einzigen Reihe von grossen hellen Zellen (Taf. VII, Fig. 5 *ch*). Später ist sie aus mehreren Zellenreihen zusammengesetzt. Auch bei der Ascidien-Larve entsteht die Chorda aus dem Mitteltheile einer Zellenschicht, deren Seitentheile sich zu Schwanzmuskeln umbilden, und die daher nichts Anderes sein kann, als das Hautfaserblatt. Gleichzeitig sondert sich von der Darmwand eine Zellenschicht, welche später Herz, Blut und Gefässe, sowie Darmmuskeln bildet, das Darmfaserblatt.

Wenn wir in diesem Stadium einen Querschnitt durch die Mitte des Körpers legen (da wo der Schwanz in den Rumpf übergeht), so zeigt sich uns bei der Ascidien-Larve ganz dasselbe Lagerungs-Verhältniss der wichtigsten Organe, wie bei der Amphioxus-Larve (Taf. VII, Fig. 6). Wir finden in der Mitte zwischen Markrohr und Darmrohr die Chorda dorsalis; und beiderseits derselben die Muskelplatten des Rückens. Der Querschnitt der Ascidien-Larve ist jetzt im Wesentlichen nicht von dem des idealen Wirbelthieres (Fig. 100) verschieden.



Fig. 100.

Wenn die Ascidien-Larve diesen Grad der

Fig. 100. **Querschnitt durch das ideale Urbild des Wirbelthieres** (Fig. 31). Der Schnitt geht durch die Pfeilaxe und die Queraxe. *n* Markrohr. *x* Axenstab. *t* Rückengefäss. *v* Bauchgefäss. *a* Darm. *c* Leibeshöhle. m_1 Rückenmuskeln. m_2 Bauchmuskeln. *h* Oberhaut.

Ausbildung erreicht hat, fängt sie an, in der Eihülle sich zu bewegen. In Folge davon berstet die Eihülle; die Larve tritt aus derselben heraus und schwimmt im Meere mittelst ihres Ruderschwanzes frei umher (Taf. VII, Fig. 5). Man kennt diese frei schwimmenden Ascidien-Larven schon lange. Sie sind zuerst von DARWIN auf seiner Reise um die Welt im Jahre 1833 beobachtet worden. Sie gleichen in der äusseren Form den Frosch-Larven oder den sogenannten Kaulquappen, und bewegen sich gleich diesen im Wasser umher, indem sie ihren Schwanz als Ruder gebrauchen. Indessen dauert dieser frei bewegliche und hoch entwickelte Jugendzustand nur kurze Zeit. Zunächst allerdings findet noch eine fortschreitende Entwickelung statt, indem sich innerhalb des Nervenrohres, im vordersten Theile desselben, zwei kleine Sinnesorgane ausbilden, von denen KOWALEVSKY das eine für ein Auge, und das andere für ein Gehörorgan von einfachster Construction erklärt. Es entwickelt sich ferner auf der Bauchseite des Thieres, an der unteren Wand des Darmes, ein Herz, und zwar in derselben einfachen Form und an demselben Orte, an welchem auch das Herz des Menschen und aller anderen Wirbelthiere entsteht. In der unteren Muskelwand des Darmes nämlich erscheint eine schwielenartige Verdickung, ein solider spindelförmiger Zellenstrang, der bald im Inneren hohl wird; er fängt an sich zu bewegen, indem er sich in abwechselnder Richtung, bald von vorn nach hinten, bald von hinten nach vorn zusammenzieht, wie es auch bei der erwachsenen Ascidie der Fall ist. Dadurch wird die in dem hohlen Muskelschlauche angesammelte Blutflüssigkeit in wechselnder Richtung in die Blutgefässe hineingetrieben, die sich an beiden Enden des Herzschlauches entwickeln. Ein Hauptgefäss verläuft auf der Rückenseite des Darmes, ein anderes auf der Bauchseite desselben. Jenes erstere entspricht der Aorta (Fig. 100 *t*) und dem Rückengefässe der Würmer. Das andere entspricht der Darmvene (Fig. 100 *v*) und dem Bauchgefässe der Würmer.

Mit der Ausbildung dieser Organe ist die fortschreitende Ontogenesis der Ascidie vollendet, und jetzt beginnt der Rückschritt. Die frei schwimmende Ascidien-Larve fällt nämlich auf den Boden des Meeres, giebt ihre freie Ortsbewegung auf und setzt sich fest. Auf Steinen, Seepflanzen, Muschelschalen, Corallen und anderen Gegenständen des Meeresbodens wächst sie fest an, und zwar mit demjenigen Körpertheile, der bei der Bewegung der vordere war.

Zur Anheftung dienen mehrere hier befindliche Auswüchse, gewöhnlich drei Warzen, welche schon bei der schwimmenden Larve zu bemerken sind. Der Schwanz geht jetzt verloren, da er keine Bedeutung mehr besitzt. Er unterliegt einer fettigen Degeneration, und wird sammt der ganzen Chorda dorsalis abgestossen. Der schwanzlose Körper verwandelt sich in einen unförmlichen Schlauch, der durch rückschreitende Metamorphose einzelner Theile, Neubildung und Umgestaltung anderer Theile allmählich in die früher beschriebene sonderbare Bildung übergeht.

Unter den verschiedenen Rückbildungen ist nächst dem Verluste des Axenstabes von besonderem Interesse die starke Rückbildung eines der wichtigsten Körpertheile, des Markrohres. Während beim Amphioxus sich das Rückenmark fortschreitend entwickelt, schrumpft das Markrohr der Ascidien-Larve bald zu einem ganz kleinen, unansehnlichen Nervenknoten zusammen, welcher oberhalb der Mundöffnung über dem Kiemenkorbe liegt und der ausserordentlich geringen geistigen Begabung dieses Thieres entspricht (Taf. VIII, Fig. 14 *m*). Dieser unbedeutende Rest des Markrohres scheint gar keinen Vergleich mit dem Rückenmark der Wirbelthiere auszuhalten, und dennoch ist er aus derselben Anlage hervorgegangen wie das Rückenmarkrohr des Amphioxus. Die Sinnesorgane, welche vorn im Nervenrohr sich entwickelt hatten, gehen ebenfalls verloren, und bei der ausgebildeten Ascidie ist keine Spur mehr davon zu finden. Hingegen entwickelt sich nun zu einem sehr umfangreichen Organe der Darmcanal. Dieser sondert sich bald in zwei getrennte Abschnitte, in einen weiteren vorderen Kiemendarm, der zur Athmung, und in einen engeren hinteren Magendarm, der zur Verdauung dient. In dem ersteren bilden sich die Kiemenspalten ganz in derselben Weise, wie beim Amphioxus. Anfangs ist die Zahl der Kiemenspalten sehr gering; später wächst sie sehr beträchtlich, und so entsteht der grosse, gitterförmig durchbrochene Kiemenkorb. An der ausgebildeten Ascidie sind dieser Kiemendarm und das an seiner Bauchseite gelegene Herz fast allein noch die Organe, die an die ursprüngliche Stammverwandtschaft mit den Wirbelthieren erinnern.

Schliesslich wollen wir noch einen Blick auf die Entwickelungsgeschichte des merkwürdigen äusseren Gallert-Mantels oder des Cellulose-Sackes werfen, in dem die Ascidie später ganz eingeschlossen ist und der die ganze Klasse der Mantelthiere charakterisirt. Ueber

die Bildung dieses Mantels sind sehr verschiedene und sehr sonderbare Ansichten aufgestellt worden. So behauptete z. B. KOWALEVSKY, dass sich das Thier den Mantel nicht selbst bilde, sondern dass besondere Zellen des mütterlichen Körpers, welche das Ei umgeben, zu den Mutterzellen des Mantels werden. Danach wäre der Mantel eine permanente Eihülle. Das wäre gegen alle Analogie und ist von vornherein sehr unwahrscheinlich. Ein anderer Naturforscher, KUPFFER, welcher die Untersuchungen des ersteren bestätigt und weiter geführt hat, nahm an, dass sich der Mantel aus Zellen entwickele, welche sich noch vor der Befruchtung der Eizelle aus dem äusseren Theile des Eidotters bilden und ganz von dem inneren Theile desselben ablösen sollten. Auch das wäre ganz räthselhaft und unwahrscheinlich. Erst die Untersuchungen von HERTWIG, die ich aus eigener Anschauung bestätigen kann, haben gezeigt, dass sich der Mantel in Form einer sogenannten Cuticula entwickelt. Er ist eine Ausschwitzung der Epidermiszellen, welche alsbald erhärtet, sich von dem eigentlichen Ascidienkörper sondert und um denselben zu einer festen Hülle verdichtet. Die Substanz derselben ist in chemischer Beziehung nicht von Pflanzen-Cellulose zu unterscheiden. Während die Oberhautzellen der äusseren Hornplatte diese Cellulose-Masse absondern, schlüpfen einzelne von ihnen in die letztere hinein, leben in der ausgeschwitzten Masse selbstständig fort und helfen den Mantel weiter bilden. So entsteht schliesslich die mächtige äussere Hülle, die immer dicker und dicker wird und bei manchen ausgebildeten Ascidien mehr als zwei Drittel der ganzen Körpermasse ausmacht [67]).

Die weitere Entwickelung der Ascidie im Einzelnen ist für uns von keiner besonderen Bedeutung, und wir wollen sie daher nicht weiter verfolgen. Das wichtigste Resultat, welches wir aus der Ontogenese derselben erhalten, ist die völlige Uebereinstimmung mit derjenigen des Amphioxus in den frühesten und wichtigsten Stadien der Keimesgeschichte. Erst nachdem Markrohr und Darmrohr, und zwischen beiden der Axenstab nebst den Muskeln gebildet ist, scheiden sich die Wege der Entwickelung. Der Amphioxus verfolgt einen beständig fortschreitenden Entwickelungsgang und wird den Stammformen der höheren Wirbelthiere ganz ähnlich, während die Ascidie umgekehrt eine rückschreitende Metamorphose einschlägt, und schliess-

lich im ausgebildeten Zustande zu den unvollkommensten Würmern gehört, welche wir überhaupt kennen.

Wenn Sie nun nochmals einen Rückblick auf alle die merkwürdigen Verhältnisse werfen, welche wir sowohl im Körperbau als in der Keimesgeschichte des Amphioxus und der Ascidie angetroffen haben, und wenn Sie dann dieselben mit den früher verfolgten Verhältnissen der menschlichen Keimesgeschichte vergleichen, so werden Sie die ausserordentliche Bedeutung, welche ich jenen beiden höchst interessanten Thierformen zugeschrieben habe, gewiss nicht mehr übertrieben finden. Denn es liegt nun klar vor Ihren Augen, dass der Amphioxus von Seiten der Wirbelthiere, die Ascidie von Seiten der Wirbellosen, die verbindende Brücke schlägt, durch welche wir allein im Stande sind, die tiefe Kluft zwischen jenen beiden Hauptabtheilungen des Thierreichs auszufüllen. Die fundamentale Uebereinstimmung, welche das Lanzetthierchen und die Seescheide in den ersten und wichtigsten Verhältnissen ihrer Keimesentwickelung darbieten, bezeugt nicht allein ihre nahe anatomische Form-Verwandtschaft und ihre Zusammengehörigkeit im System; sie bezeugt vielmehr zugleich auch ihre wahre Bluts-Verwandtschaft und ihren gemeinsamen Ursprung von einer und derselben Stammform; sie wirft dadurch zugleich das klarste Licht auf die ältesten Wurzeln des menschlichen Stammbaumes.

In einigen früheren Vorträgen „über die Entstehung und den Stammbaum des Menschengeschlechts“ (1868) hatte ich auf die ausserordentliche Bedeutung jenes Verhältnisses hingewiesen und dabei geäussert, dass wir demgemäss „den Amphioxus mit besonderer Ehrfurcht als dasjenige ehrwürdige Thier betrachten müssen, welches unter allen noch lebenden Thieren allein im Stande ist, uns eine annähernde Vorstellung von unseren ältesten silurischen Wirbelthier-Ahnen zu geben.“ Dieser Satz hat nicht allein bei unwissenden Theologen, sondern auch bei vielen anderen Menschen den grössten Anstoss erregt, namentlich bei solchen Philosophen, welche noch in dem anthropocentrischen Irrthume leben und den Menschen als vorbedachtes Ziel der „Schöpfung“ und wahren Endzweck alles Erdenlebens betrachten. Die „Würde der Menschheit“ sollte durch jenen Satz „mit Füssen getreten und das göttliche Vernunftbewusstsein des Menschen auf's Schwerste beleidigt sein.“ (Kirchenzeitung!)

Fünfte Tabelle.

Uebersicht über die wichtigsten Homologien zwischen dem Embryo des Menschen, dem Embryo der Ascidie und dem entwickelten Amphioxus einerseits, gegenüber dem entwickelten Menschen anderseits.

Embryo der Ascidie.	Entwickelter Amphioxus.	Embryo des Menschen.	Entwickelter Mensch.
I. Differenzirungs-Producte des Hautblattes.			
Nackte Oberhaut.	Nackte Oberhaut.	Nackte Oberhaut.	Behaarte Oberhaut.
Einfaches Markrohr.	Einfaches Markrohr.	Einfaches Markrohr.	Gehirn und Rückenmark.
Urniere (?) (Excretions-Canal ?)	Urniere (??) (Seiten-Canal ??)	Urnieren-Canäle.	Eileiter und Samenleiter.
Einfache dünne Lederhaut.	Einfache dünne Lederhaut.	Einfache dünne Lederhaut.	Differenzirte dicke Lederhaut.
Einfacher Hautmuskelschlauch.	Einfache Rumpfmusculatur.	Einfache Muskelplatte.	Differenzirte Rumpfmusculatur.
Chorda.	Chorda.	Chorda.	Wirbelsäule.
Kein Schädel.	Kein Schädel.	Kein Schädel.	Knochen-Schädel.
Keine Gliedmaassen.	Keine Gliedmaassen.	Keine Gliedmaassen.	Zwei Paar Gliedmaassen.
Hermaphroditische Geschlechtsdrüsen.	Getrennte Geschlechtsdrüsen.	Hermaphroditisches Keim-Epithel.	Getrennte Geschlechtsdrüsen.
II. Differenzirungs-Producte des Darmblattes.			
Einfache Leibeshöhle (Coelom).	Einfache Leibeshöhle (Coelom).	Einfache Leibeshöhle (Coelom).	Getrennte Brusthöhle und Bauchhöhle.
Einkammeriges Herz.	Einfaches Herzrohr.	Einkammeriges Herz.	Vierkammeriges Herz.
Rückengefäss.	Aorta.	Aorta.	Aorta.
Einfacher Leberschlauch (?)	Einfacher Leberschlauch.	Einfache Leberschläuche.	Differenzirte massive Leber.
Einfaches Darmrohr mit Kiemenspalten.	Einfaches Darmrohr mit Kiemenspalten.	Einfaches Darmrohr mit Kiemenspalten.	Differenzirtes Darmrohr ohne Kiemenspalten.

Sechste Tabelle.

Uebersicht über die Form-Verwandtschaft der Ascidie und des Amphioxus einerseits, des Fisches und des Menschen anderseits, im vollkommen entwickelten Zustande.

Entwickelte Ascidie.	Entwickelter Amphioxus.	Entwickelter Fisch.	Entwickelter Mensch.
Kopf und Rumpf nicht geschieden.	Kopf und Rumpf nicht geschieden.	Kopf und Rumpf geschieden.	Kopf und Rumpf geschieden.
Keine Gliedmaassen.	Keine Gliedmaassen.	Zwei Paar Gliedmaassen.	Zwei Paar Gliedmaassen.
Kein Schädel.	Kein Schädel.	Entwickelter Schädel.	Entwickelter Schädel.
Kein Zungenbein.	Kein Zungenbein.	Zungenbein.	Zungenbein.
Kein Kiefer-Apparat.	Kein Kiefer-Apparat.	Kiefer-Apparat (Ober- und Unterkiefer.)	Kiefer-Apparat (Ober- und Unterkiefer).
Keine Wirbelsäule.	Keine Wirbelsäule.	Gegliederte Wirbelsäule.	Gegliederte Wirbelsäule.
Kein Rippenkorb.	Kein Rippenkorb.	Rippenkorb.	Rippenkorb.
Kein Gehirn.	Kein Gehirn.	Differenzirtes Gehirn.	Differenzirtes Gehirn.
Augen-Rudimente.	Augen-Rudimente.	Entwickelte Augen.	Entwickelte Augen.
Kein Gehörorgan.	Kein Gehörorgan.	Gehörorgan mit drei Ringcanälen.	Gehörorgan mit drei Ringcanälen.
Kein sympathischer Nerv.	Kein sympathischer Nerv.	Sympathischer Nerv.	Sympathischer Nerv.
Darm-Epithel flimmernd.	Darm-Epithel flimmernd.	Darm-Epithel nicht flimmernd.	Darm-Epithel nicht flimmernd.
Einfache Leber (oder gar keine).	Einfache Leber (Blinddarm).	Zusammengesetzte Leberdrüse.	Zusammengesetzte Leberdrüse.
Keine Bauchspeicheldrüse.	Keine Bauchspeicheldrüse.	Bauchspeicheldrüse.	Bauchspeicheldrüse.
Keine Schwimmblase.	Keine Schwimmblase.	Schwimmblase (Lungen-Anlage).	Lunge (Schwimmblase).
Nieren rudimentär (?)	Nieren rudimentär (?)	Nieren entwickelt.	Nieren entwickelt.
Einfacher Herzschlauch.	Einfaches Herzrohr.	Herz mit Klappen und Kammern.	Herz mit Klappen und Kammern.
Blut farblos.	Blut farblos.	Blut roth.	Blut roth.
Kein Lymphgefäss-System.	Kein Lymphgefäss-System.	Lymphgefäss-System entwickelt.	Lymphgefäss-System entwickelt.
Keine Milz.	Keine Milz.	Milz vorhanden.	Milz vorhanden.
Flimmerrinne am Kiemenkorbe.	Flimmerrinne am Kiemenkorbe.	Schilddrüse (Thyreoidea).	Schilddrüse (Thyreoidea).

Diese Entrüstung über meine aufrichtige und hohe Verehrung des Amphioxus ist mir, offen gestanden, vollkommen unbegreiflich. Wenn wir einen uralten Eichenhain betreten und dann unserer Ehrfurcht vor den ehrwürdigen tausendjährigen Bäumen in begeisterten Worten Ausdruck geben, so findet dies Jedermann ganz natürlich. Wie erhaben steht aber der Amphioxus über der Eiche da, und wie hoch steht selbst noch die Ascidien-Organisation über derselben! Und was sind die tausend Jahre eines ehrwürdigen Eichenlebens gegen die vielen Millionen Jahre, deren Geschichte uns der Amphioxus erzählt! Ganz abgesehen davon verdient der altersgraue Amphioxus (trotz des Mangels von Schädel, Gehirn und Gliedmaassen!) schon deshalb die höchste Ehrfurcht, weil er „Fleisch von unserem Fleische und Blut von unserem Blute“ ist! Jedenfalls verdiente der Amphioxus mehr Gegenstand der höchsten Bewunderung und andächtigsten Verehrung zu sein, als alle das unnütze Gesindel von sogenannten „Heiligen“, denen unsere „hochcivilisirten“ Cultur-Nationen Tempel bauen und Processionen widmen!

Wie unendlich bedeutungsvoll der Amphioxus und die Ascidie für das Verständniss der menschlichen Entwickelung und somit des wahren Menschenwesens sind, davon werden Sie sich am klarsten durch die vorstehende Uebersicht überzeugen, in welcher ich die wichtigsten Homologien des höchsten und des niedersten Wirbelthieres zusammengestellt habe. (Fünfte Tabelle, S. 338). Sie ersehen daraus die unleugbare Thatsache, dass der menschliche Embryo in früher Zeit seiner Entwickelung in den wichtigsten Organisations-Verhältnissen mit dem Amphioxus und mit dem Embryo der Ascidie übereinstimmt, hingegen von dem entwickelten Menschen grundverschieden ist. Auf der anderen Seite ist es aber nicht minder wichtig, die tiefe Kluft im Gedächtniss zu behalten, welche den Amphioxus von allen übrigen Wirbelthieren scheidet. Noch heute wird das Lanzetthierchen in sämmtlichen zoologischen Lehrbüchern als ein Mitglied der Fischklasse aufgeführt. Als ich dagegen (1866) den Amphioxus ganz von den Fischen trennte und den ganzen Wirbelthierstamm in die beiden Hauptgruppen der Schädellosen (Amphioxus) und der Schädelthiere (alle übrigen Vertebraten) trennte, galt das als eine unnütze und unbegründete Neuerung [59]. Wie es sich hiermit verhält, sehen Sie am besten aus der vorstehenden Uebersicht (Sechste Tabelle, S. 339). In allen wesentlichen Beziehungen stehen die Fische dem Menschen näher als dem Amphioxus.

Fünfzehnter Vortrag.

Die Zeitrechnung der menschlichen Stammesgeschichte.

„Vergeblich hat man bis jetzt nach einer scharfen Zeitgrenze zwischen Menschengeschichte und vormenschlicher Geschichte gesucht; der Ursprung des Menschen und die Zeit seines ersten Auftretens verlaufen in das Unbestimmbare; es lässt sich nicht scharf eine sogenannte Vorwelt von der Jetztwelt sondern. Dieses Schicksal theilen aber alle geologischen, wie alle historischen Perioden. Die Perioden, die wir unterscheiden, sind daher mehr oder weniger willkührlich abgetrennt und können, wie die Abtheilungen des naturhistorischen Systematikers, nur zur bequemeren Uebersicht und Handhabung dienen, nicht aber zu einer wirklichen Trennung des Ungleichen."

BERNHARD COTTA (1866).

Inhalt des fünfzehnten Vortrages.

Vergleichung der ontogenetischen und phylogenetischen Zeiträume. Zeitdauer der Keimesgeschichte beim Menschen und bei verschiedenen Thieren. Verschwindend geringe Länge derselben gegenüber den unermesslich langen Zeiträumen der Stammesgeschichte. Verhältniss der schnellen ontogenetischen Verwandlung zu der langsamen phylogenetischen Metamorphose. Die Zeitrechnung der organischen Erdgeschichte, gegründet auf die relative Dicke der sedimentären Gebirgsschichten oder neptunischen Formationen. Fünf Hauptabschnitte derselben: I. Das primordiale oder archolithische Zeitalter. II. Das primäre oder palaeolithische Zeitalter. III. Das secundäre oder mesolithische Zeitalter. IV. Das tertiäre oder caenolithische Zeitalter. V. Das quartäre oder anthropolithische Zeitalter. Relative Länge der fünf Zeitalter. Die Resultate der vergleichenden Sprachforschung als Erläuterung der Phylogenie der Arten. Die Stämme und Zweige des indogermanischen Sprachstammes verhalten sich in ihrer Stammverwandtschaft analog den Klassen und Verzweigungen des Wirbelthierstammes. Die Stammformen sind in beiden Fällen ausgestorben und nicht mehr unter den lebenden zu finden. Die wichtigsten Stufen unter den menschlichen Stammformen. Die Entstehung der Moneren durch Urzeugung. Nothwendigkeit der Urzeugung.

XV.

Meine Herren!

Durch unsere vergleichenden Untersuchungen über die Anatomie und Ontogenie des Amphioxus und der Ascidie haben wir Hülfsmittel für die Erkenntniss der menschlichen Ontogenie gewonnen, deren Werth kaum hoch genug angeschlagen werden kann. Denn erstens haben wir dadurch in anatomischer Beziehung die weite Kluft ausgefüllt, welche in der bisherigen Systematik des Thierreiches zwischen Wirbelthieren und wirbellosen Thieren bestand; zweitens aber haben wir in der Ontogenie des Amphioxus uralte Entwickelungs-Zustände kennen gelernt, welche in der Ontogenie des Menschen schon seit langer Zeit verschwunden und nach dem Gesetze der abgekürzten Vererbung verloren gegangen sind. Unter diesen Entwickelungs-Zuständen ist namentlich von der grössten Bedeutung die zuletzt von uns untersuchte Darmlarve oder Gastrula, die merkwürdige Embryonalform, welche schon bei den Spongien sich findet und bei den verschiedensten Thierklassen bis zu den Wirbelthieren hinauf in derselben Gestalt wiederkehrt.

So hat denn die Keimesgeschichte des Amphioxus und der Ascidie unsere Quellenkenntniss von der Stammesgeschichte des Menschen soweit vervollständigt, dass trotz des gegenwärtig noch sehr unvollkommenen Zustandes unserer empirischen Kenntnisse dennoch keine wesentliche Lücke von grosser Bedeutung in derselben mehr offen ist. Wir können daher jetzt an unsere eigentliche Aufgabe herantreten, und mit Hülfe der uns zu Gebote stehenden ontogenetischen und vergleichend-anatomischen Urkunden die Phylogenie des Menschen in ihren Grundzügen reconstruiren. Hierbei werden Sie sich von der unermesslichen Bedeutung überzeugen, welche die unmittelbare Anwendung des biogenetischen Grundgesetzes vom Causalnexus der Ontogenesis und Phylogenesis besitzt. Ehe wir nun aber diese

Aufgabe in Angriff nehmen, wird es von Nutzen sein, zuvor noch einige allgemeine Verhältnisse in's Auge zu fassen, welche für das Verständniss der betreffenden Vorgänge nicht bedeutungslos sind.

Zunächst dürften hier einige Bemerkungen über die Zeiträume am Orte sein, in denen die Entwickelung des Menschengeschlechts aus dem Thierreiche erfolgt ist. Der erste Gedanke, welcher sich uns bei Betrachtung der einschlagenden Verhältnisse aufdrängt, ist der des ungeheuren Unterschiedes zwischen den Zeiträumen der menschlichen Keimesgeschichte und Stammesgeschichte. Die kurze Zeitspanne, in welcher die Ontogenesis des menschlichen Individuums erfolgt, steht in gar keinem Verhältniss zu dem unendlich langen Zeitraume, der zur Phylogenesis des menschlichen Stammes erforderlich war. Das menschliche Individuum bedarf zu seiner vollständigen Entwickelung von der Befruchtung der Eizelle an bis zu dem Momente, wo es geboren wird und den Mutterleib verlässt, nur neun Monate. Der menschliche Embryo durchläuft also seinen ganzen Entwickelungsgang in dem kurzen Zeitraume von vierzig Wochen (meistens genau 280 Tagen). Auch bei vielen anderen Säugethieren ist die Zeitdauer der embryonalen Entwickelung ziemlich dieselbe, so z. B. beim Rind. Beim Pferd und Esel beträgt sie etwas mehr, nämlich 43 — 45 Wochen; beim Kameel schon 13 Monate. Bei den grössten Säugethieren braucht der Embryo zu seiner vollständigen Ausbildung im Mutterleibe bedeutend längere Zeit, so z. B. beim Rhinoceros 1½ Jahre, beim Elephanten 90 Wochen. Die Schwangerschaft dauert hier also mehr als doppelt so lange wie beim Menschen, fast ein und drei viertel Jahre. Bei den kleineren Säugethieren ist umgekehrt die Zeitdauer der embryonalen Entwickelung viel kürzer. Die kleinsten Säugethiere, die Zwergmäuse, entwickeln sich in drei Wochen vollständig; die Kaninchen und Hasen in einem Zeitraume von vier Wochen; Ratte und Murmelthier in fünf Wochen, der Hund in neun, das Schwein in 17 Wochen; das Schaf in 21 und der Hirsch in 36 Wochen. Noch rascher entwickeln sich die Vögel. Das Hühnchen im bebrüteten Ei braucht zu seiner vollen Reife unter normalen Verhältnissen einen Zeitraum von drei Wochen oder genau 21 Tagen. Hingegen braucht die Ente 25, der Truthahn 27, der Pfau 31, der Schwan 42 und der neuholländische Casuar 65 Tage. Der kleinste Vogel, der Colibri, verlässt das Ei schon nach 12 Tagen. Es steht also offenbar die Entwickelungsdauer des Individuums

innerhalb der Eihüllen bei den Säugethieren und Vögeln in einem gewissen Verhältniss zu der absoluten Körpergrösse, welche die betreffende Wirbelthier-Art erreicht. Doch ist diese letztere nicht allein die maassgebende Ursache der ersteren. Vielmehr kommen noch viele andere Umstände hinzu, welche die Dauer der individuellen Entwickelung innerhalb der Eihüllen beeinflussen[68].

Auf alle Fälle erscheint die Zeitdauer der Ontogenese verschwindend kurz, wenn wir sie mit dem ungeheuren, unendlich langen Zeitraume vergleichen, innerhalb dessen die Phylogenese oder die allmähliche Entwickelung der Vorfahren-Reihe stattgefunden hat. Dieser Zeitraum misst nicht nach Jahren und Jahrhunderten, sondern nach Jahrtausenden und Jahrmillionen. In der That sind viele Jahrmillionen verstrichen, ehe sich aus dem uralten einzelligen Stamm-Organismus allmählich Stufe für Stufe der vollkommenste Wirbelthier-Organismus, der Mensch, historisch entwickelt hat. Die Gegner der Abstammungslehre, welche diese stufenweise Entwickelung der Menschenform aus niederen Thierformen und ihre ursprüngliche Abstammung von einem einzelligen Urthiere für ein unglaubliches Wunder erklären, denken nicht daran, dass sich ganz dasselbe Wunder bei der embryonalen Entwickelung jedes menschlichen Individuums thatsächlich in der kurzen Zeitspanne von neun Monaten vor unseren Augen vollzieht. Dieselbe Reihenfolge von mannichfach verschiedenen Gestalten, welche unsere thierischen Vorfahren im Laufe vieler Jahrmillionen durchlaufen haben, dieselbe Gestaltenfolge hat Jeder von uns in den ersten vierzig Wochen seiner individuellen Existenz im Mutterleibe durchlaufen.

Nun erscheinen uns aber alle organischen Form-Verwandlungen, alle Metamorphosen der Thier- und Pflanzen-Gestalten um so merkwürdiger und wunderbarer, je schneller sie vor sich gehen. Wenn daher unsere Gegner die historische Entwickelung des Menschengeschlechts aus niederen Thierformen für einen unglaublichen Vorgang erklären, so müssen sie die embryonale Entwickelung des menschlichen Individuums aus der einfachen Eizelle im Vergleiche damit für ein noch viel unglaublicheres Wunder halten. Diese letztere, die ontogenetische Verwandlung, die sich vor unseren Augen vollzieht, muss in demselben Maasse wunderbarer als die phylogenetische erscheinen, in welchem die Zeitdauer der Stammesgeschichte diejenige der Keimesgeschichte übertrifft. Denn der menschliche Em-

bryo muss den ganzen individuellen Entwickelungs-Process von der einfachen Zelle bis zum vielzelligen ausgebildeten Menschen mit allen seinen Organen in der kurzen Zeitspanne von vierzig Wochen durchlaufen. Hingegen stehen uns für den gleichen phylogenetischen Entwickelungs-Process, für die Entwickelung der Vorfahren des Menschengeschlechts von der einfachsten einzelligen Stammform an viele Millionen von Jahren zur Verfügung [69].

Was nun diese phylogenetischen Zeiträume selbst betrifft, so ist es unmöglich, die Länge derselben nach Jahrhunderten oder auch nur nach Jahrtausenden annähernd zu bestimmen und absolute Zahlen-Maasse dafür festzustellen. Wohl aber sind wir schon seit langer Zeit durch die Untersuchnngen der Geologen in Stand gesetzt, die relative Länge der verschiedenen einzelnen Zeitabschnitte der organischen Erdgeschichte abzuschätzen und zu vergleichen. Den unmittelbaren Maassstab für diese relative Maassbestimmung der geologischen Zeiträume liefert uns die Dicke der sogenannten neptunischen Erdschichten oder der „sedimentären Gebirgs-Formationen", d. h. aller derjenigen Erdschichten, welche sich auf den Boden des Meeres und der süssen Gewässer aus den dort abgesetztes Schlammniederschlägen gebildet haben. Diese in Form von Kalkstein, Thonlagen, Mergel, Sandstein, Schiefer u. s. w. über einander geschichteten Sediment-Gesteine, welche die Hauptmasse vieler Gebirge zusammensetzen und oft viele tausend Fuss Dicke erreichen, geben uns den Maassstab für die Abschätzung der relativen Länge der verschiedenen Erdbildungsperioden.

Der Vollständigkeit halber muss ich hier ein paar Worte über den Entwickelungsgang der Erde im Allgemeinen einschalten und die wichtigsten dabei zu berücksichtigenden Verhältnisse kurz hervorheben. Zuerst stossen wir hier auf den Hauptsatz, dass das Leben auf unserem Erdkörper zu einer bestimmten Zeit seinen Anfang hatte. Das ist ein Satz, welcher von keinem urtheilsfähigen Geologen mehr bestritten wird. Wir wissen jetzt sicher, dass das organische Leben auf unserem Planeten wirklich einmal neu entstanden ist, und nicht, wie Einige behauptet haben, von Ewigkeit her existirte. Die unwiderleglichen Beweise dafür liefert einerseits die physikalisch-astronomische Kosmogenie, anderseits die Ontogenie der Organismen. Ebensowenig als die Individuen, ebensowenig erfreuen sich die Arten und Stämme der Organismen eines ewigen Lebens [70].

Auch sie hatten einen endlichen Anfang. Den Zeitraum, welcher seit der Entstehung des ersten Lebens auf der Erde bis zur Gegenwart verflossen ist, und der uns hier allein interessirt, nennen wir kurz „die organische Erdgeschichte“; im Gegensatz zu jener „anorganischen Erdgeschichte“, die vor der Entstehung des ersten organischen Lebens abgelaufen ist. Ueber die letztere sind wir zuerst durch die naturphilosophischen Untersuchungen und Berechnungen unseres grossen kritischen Philosophen Immanuel Kant aufgeklärt worden, und ich muss Sie bezüglich derselben auf Kant's „Allgemeine Naturgeschichte und Theorie des Himmels“ verweisen, sowie auf die zahlreichen Kosmogenien, welche dieselbe in populärer Form behandeln. Hier können wir uns nicht bei derselben aufhalten.

Die organische Erdgeschichte konnte erst beginnen, seitdem tropfbar-flüssiges Wasser auf der Erde existirte. Denn jeder Organismus ohne Ausnahme bedarf zu seiner Existenz des tropfbar-flüssigen Wassers und enthält in seinem Körper eine beträchtliche Quantität desselben. Unser eigener Körper enthält im ausgebildeten Zustande 70 Procent Wasser in den Geweben, und nur 30 Procent feste Substanz [71]. Bei niederen Seethieren, namentlich bei gewissen Medusen, besteht der Körper sogar aus mehr als 99 Procent Wasser und enthält noch nicht ein einziges Procent feste Substanz. Kein Organismus kann ohne Wasser existiren und seine Lebens-Functionen vollziehen.

Das tropfbar-flüssige Wasser, von dem somit die Existenz des Lebens in erster Linie abhängt, konnte aber auf unserer Erde erst entstehen, nachdem die Temperatur des glühenden Erdballs an der Oberfläche bis zu einem gewissen Grade gesunken war. Vorher existirte dasselbe nur in Dampfform. Sobald aber aus der Dampf-Hülle sich das erste tropfbare Wasser durch Abkühlung niedergeschlagen hatte, begann dasselbe seine geologische Wirksamkeit und hat seitdem bis zur Gegenwart in fortwährendem Wechsel an der Umgestaltung der festen Erdrinde gearbeitet. Das Resultat dieser unaufhörlichen Arbeit des Wassers, das in Form von Regen und Hagel, Schnee und Eis, als reissender Strom und als brandende Meereswelle die Gesteine zertrümmert und auflöst, ist schliesslich die Bildung von Schlamm. Wie Huxley in seinen vortrefflichen Vorlesungen über die „Ursachen der Erscheinungen in der organischen Natur“ sagt, ist die wichtigste Urkunde über die Geschichte der Vergangenheit unseres Erdballs der Schlamm; und die Frage von der Geschichte der ver-

gangenen Weltalter löst sich auf in die Frage von der Bildung des Schlammes. Alle die geschichteten Gesteine, welche unsere Gebirgsmassen zusammensetzen, sind ursprünglich als Schlamm auf dem Boden der Gewässer abgelagert und erst später zu festem Gestein verdichtet worden.

Wie schon bemerkt wurde, kann man sich durch Zusammenstellung und Vergleichung der verschiedenen Gesteinsschichten von zahlreichen Stellen der Erdoberfläche eine annähernde Vorstellung von dem relativen Alter dieser verschiedenen Schichten machen. Schon seit längerer Zeit sind die Geologen demgemäss übereinstimmend zu der Annahme gelangt, dass eine ganz bestimmte historische Aufeinanderfolge der verschiedenen Formationen existirt. Die einzelnen über einander liegenden Schichtengruppen entsprechen verschiedenen auf einander folgenden Perioden der organischen Erdgeschichte, innerhalb welcher sie auf dem Meeresboden als Schlamm abgelagert wurden. Allmählich wurde dieser Schlamm zu festem Gestein verdichtet. Dieses wurde durch wechselnde Hebung und Senkung der Erdoberfläche über das Wasser erhoben und trat als Gebirge empor. Man unterscheidet in der Regel, entsprechend den grösseren und kleineren Gruppen dieser sedimentären Gebirgsschichten, vier oder fünf grössere Zeitabschnitte in der organischen Erdgeschichte. Diese Haupt-Perioden zerfallen dann wieder in zahlreichere untergeordnete Abschnitte oder kleinere Perioden. Gewöhnlich werden deren zwölf bis fünfzehn angenommen. (Vergl. die siebente und achte Tabelle, S. 350 und 351.) Die relative Dicke der verschiedenen Schichtengruppen gestattet nun eine ungefähre Abschätzung der relativen Länge dieser verschiedenen Zeitabschnitte. Allerdings dürfen wir nicht etwa sagen: „Innerhalb eines Jahrhunderts wird durchschnittlich eine Schicht von bestimmter Dicke (etwa zwei Zoll) abgelagert, und deshalb ist eine Gebirgsschicht von tausend Fuss Dicke sechshundert Jahrtausende alt.“ Denn verschiedene Gebirgsformationen von gleicher Dicke können sehr verschiedene Zeiträume zu ihrer Ablagerung und Verdichtung gebraucht haben. Wohl aber können wir aus der Dicke oder „Mächtigkeit“ der Formation einen ungefähren Schluss auf die relative Länge der Periode ziehen, in der sie gebildet wurde.

Von den vier oder fünf Hauptabschnitten der organischen Erdgeschichte, deren Kenntniss für unsere Phylogenie des Menschen-

geschlechts unerlässlich ist, wird der erste und älteste als primordiales oder archozoisches (auch archolithisches) Zeitalter bezeichnet. Wenn man die gesammte Dicke oder Mächtigkeit aller aus dem Wasser abgelagerten Erdschichten zusammen im Durchschnitt jetzt auf ungefähr 130,000 Fuss abschätzt, so kommen allein auf diesen ersten Hauptabschnitt 70,000 Fuss, mithin die grössere Hälfte der Dicke. Wir können daraus unmittelbar schliessen, dass der entsprechende primordiale oder archolithische Zeitraum für sich allein genommen bedeutend länger sein musste, als der ganze übrige lange Zeitraum vom Ende desselben an bis zur Gegenwart. Wahrscheinlich war das primordiale Zeitalter sogar noch bedeutend länger, als es nach dem angeführten Verhältniss von 7 : 6 scheinen könnte. Das primordiale Zeitalter zerfällt in drei untergeordnete Zeitperioden, welche als laurentische, cambrische und silurische Periode bezeichnet werden; entsprechend den drei Hauptgruppen von sedimentären Gesteinschichten, welche das gesammte archolithische Gebirge aufbauen. Der ungeheure Zeitraum, während dessen diese colossalen, über 70,000 Fuss dicken Gebirgs-Schichten aus dem Urmeer abgelagert wurden, umfasst jedenfalls viele Millionen von Jahren. Während desselben entstanden durch Urzeugung die ältesten und einfachsten Organismen, mit denen überhaupt das Leben auf unserem Planeten begann: die Moneren. Aus ihnen entwickelten sich zunächst einzellige Pflanzen und Thiere, die Amoeben und viele verschiedene Protisten. Während dieses archolithischen Zeitraumes entwickelten sich aber aus jenen auch die sämmtlichen wirbellosen Vorfahren des Menschengeschlechts. Dieses Letztere können wir aus der Thatsache schliessen, dass bereits gegen Ende der silurischen Periode sich einzelne Reste von versteinerten Fischen vorfinden: Selachier und Ganoiden. Diese sind aber bei weitem höher organisirt und jünger als das niederste Wirbelthier, der Amphioxus, und als die zahlreichen dem Amphioxus verwandten schädellosen Wirbelthiere, welche während jener Zeit gelebt haben müssen. Den letzteren selbst müssen nothwendig sämmtliche wirbellose Vorfahren des Menschengeschlechts vorausgegangen sein. Wir können diesen ganzen Zeitabschnitt dem entsprechend wohl charakterisiren als die Hauptperiode der „wirbellosen Vorfahren des Menschengeschlechtes“; oder wenn wir die ältesten Vertreter des Wirbelthierstammes selbst hervorheben wollen,

Siebente Tabelle.

Uebersicht der paläontologischen Perioden oder der grösseren Zeitabschnitte der organischen Erdgeschichte.

I. Erster Zeitraum: **Archolithisches Zeitalter.** Primordial-Zeit.
(Zeitalter der Schädellosen und der Tangwälder.)

1. Aeltere Archolith-Zeit	oder	Laurentische Periode.
2. Mittlere Archolith-Zeit	-	Cambrische Periode.
3. Neuere Archolith-Zeit	-	Silurische Periode.

II. Zweiter Zeitraum: **Paläolithisches Zeitalter.** Primär-Zeit.
(Zeitalter der Fische und der Farnwälder.)

4. Aeltere Paläolith-Zeit	oder	Devonische Periode.
5. Mittlere Paläolith-Zeit	-	Steinkohlen-Periode.
6. Neuere Paläolith-Zeit	-	Permische Periode.

III. Dritter Zeitraum: **Mesolithisches Zeitalter.** Secundär-Zeit.
(Zeitalter der Reptilien und der Nadelwälder.)

7. Aeltere Mesolith-Zeit	oder	Trias-Periode.
8. Mittlere Mesolith-Zeit	-	Jura-Periode.
9. Neuere Mesolith-Zeit	-	Kreide-Periode.

IV. Vierter Zeitraum: **Caenolithisches Zeitalter.** Tertiär-Zeit.
(Zeitalter der Säugethiere und der Laubwälder.)

10. Aeltere Caenolith-Zeit	oder	Eocaene Periode.
11. Mittlere Caenolith-Zeit	-	Miocaene Periode.
12. Neuere Caenolith-Zeit	-	Pliocaene Periode.

V. Fünfter Zeitraum: **Anthropolithisches Zeitalter,** Quartär-Zeit.
(Zeitalter des Menschen und der Culturwälder.)

13. Aeltere Anthropolith-Zeit	oder	Eiszeit. Glaciale Periode.
14. Mittlere Anthropolith-Zeit	-	Postglaciale Periode.
15. Neuere Anthropolith-Zeit	-	Cultur-Periode.

(Die Culturperiode ist die historische Zeit oder die Periode der Ueberlieferungen.)

Achte Tabelle.

Uebersicht der paläontologischen Formationen oder der versteinerungsführenden Schichten der Erdrinde.

Terrains	Systeme	Formationen	Synonyme der Formationen
V. Anthropolithische Terrains oder anthropozoische (quartäre) Schichtengruppen	XIV. Recent (Alluvium)	36. **Praesent**	Oberalluviale
		35. **Recent**	Unteralluviale
	XIII. Pleistocaen (Diluvium)*	34. **Postglacial**	Oberdiluviale
		33. **Glacial**	Unterdiluviale
IV. Caenolithische Terrains oder caenozoische (tertiäre) Schichtengruppen	XII. Pliocaen (Neutertiär)	32. **Arvern**	Oberpliocaene
		31. **Subapennin**	Unterpliocaene
	XI. Miocaen (Mitteltertiär)	30. **Falun**	Obermiocaene
		29. **Limburg**	Untermiocaene
	X. Eocaen (Alttertiär)	28. **Gyps**	Obereocaene
		27. **Grobkalk**	Mitteleocaene
		26. **Londonthon**	Untereocaene
III. Mesolithische Terrains oder mesozoische (secundäre) Schichtengruppen	IX. Kreide	25. **Weisskreide**	Oberkreide
		24. **Grünsand**	Mitlelkreide
		23. **Neocom**	Unterkreide
		22. **Wealden**	Wälderformation
	VIII. Jura	21. **Portland**	Oberoolith
		20. **Oxford**	Mitteloolith
		19. **Bath**	Unteroolith
		18. **Lias**	Liasformation
	VII. Trias	17. **Keuper**	Obertrias
		16. **Muschelkalk**	Mitteltrias
		15. **Buntsand**	Untertrias
II. Palaolithische Terrains oder paläozoische (primäre) Schichtengruppen	VI. Permisches (Neurothsand)	14. **Zechstein**	Oberpermische
		13. **Neurothsand**	Unterpermische
	V. Carbonisches (Steinkohle)	12. **Kohlensand**	Obercarbonische
		11. **Kohlenkalk**	Untercarbonische
	IV. Devonisches (Altrothsand)	10. **Pilton**	Oberdevonische
		9. **Ilfracombe**	Mitteldevonische
		8. **Linton**	Unterdevonische
I. Archolithische Terrains oder archozoische (primordiale) Schichtengruppen	III. Silurisches	7. **Ludlow**	Obersilurische
		6. **Wenlock**	Mittelsilurische
		5. **Landeilo**	Untersilurische
	II. Cambrisches	4. **Potsdam**	Obercambrische
		3. **Longmynd**	Untercambrische
	I. Laurentisches	2. **Labrador**	Oberlaurentische
		1. **Ottawa**	Unterlaurentische

als das Zeitalter der Schädellosen. Während des ganzen archolithischen Zeitalters bestand die Bevölkerung unseres Planeten nur aus Wasserbewohnern; wenigstens ist bis jetzt noch kein einziger Rest von landbewohnenden Thieren und Pflanzen aus diesem Zeitraume bekannt geworden[72].

Auf das primordiale Zeitalter folgt ein zweiter, beträchtlich langer Zeitabschnitt, der das paläolithische (paläozoische) oder primäre Zeitalter genannt wird und ebenfalls in drei Perioden zerfällt: in die devonische, carbonische und permische Periode. Während der devonischen Periode wurde der „alte rothe Sandstein“ oder das devonische System gebildet; während der carbonischen oder Steinkohlenzeit wurden die mächtigen Steinkohlenflötze abgelagert, die uns unser wichtigstes Brennmaterial liefern; in der permischen Periode endlich (oder der Dyas-Periode) wurde der neue rothe Sandstein und der Zechstein nebst dem Kupferschiefer gebildet. Die ungefähre Mächtigkeit dieser Schichtengruppen zusammengenommen wird auf höchstens 42,000 Fuss geschätzt; einige nehmen etwas mehr, andere beträchtlich weniger an. Jedenfalls ist dieser paläolithische Zeitraum, als Ganzes genommen, bedeutend kürzer als der archolithische, hingegen bedeutend länger als alle noch darauf folgenden Zeiträume zusammengenommen. Die Gebirgsschichten, welche während dieses primären Zeitalters abgelagert wurden, liefern uns versteinerte Thier-Reste in grosser Menge; ausser zahlreichen Arten von Wirbellosen auch sehr viele Wirbelthiere, und zwar ganz überwiegend Fische. Schon während der devonischen, ebenso aber auch während der Steinkohlen- und der permischen Periode existirte eine so grosse Anzahl von Fischen, besonders von Urfischen (Haifischen) und Schmelzfischen, dass wir die ganze paläolithische Hauptperiode als das Zeitalter der Fische bezeichnen können. Während dieses Zeitalters begannen aber auch schon einzelne Fische sich an das Landleben zu gewöhnen und gaben so der Amphibien-Klasse den Ursprung. Schon im Steinkohlensystem finden wir versteinerte Reste von Amphibien, den ältesten landbewohnenden und luftathmenden Wirbelthieren. Die Mannichfaltigkeit dieser Amphibien wächst in dem permischen Zeitraum. Gegen Ende desselben scheinen auch bereits die ersten Amnionthiere, die Stammeltern der drei höheren Wirbelthier-Klassen, aufzutreten. Das sind einzelne eidechsenartige Thiere, von denen der Proterosaurus aus dem Kupferschiefer von

Eisenach der bekannteste ist. Die Entstehung der ältesten Amnioten, unter denen sich jedenfalls die gemeinsame Stammform der Reptilien, Vögel und Säugethiere befunden haben muss, scheint in der That durch diese ältesten Reptilien-Reste in das Ende des paläolithischen Zeitalters verlegt zu werden. Die Vorfahren des Menschengeschlechts werden mithin während dieses Zeitalters anfänglich durch echte Fische, später durch Lurchfische und Amphibien, und zuletzt durch die ältesten Amnionthiere, durch die Protamnien, vertreten gewesen sein.

An das paläolithische Zeitalter schliesst sich ein dritter Hauptabschnitt der organischen Erdgeschichte an, welchen man das mesolithische oder secundäre Zeitalter nennt. Auch dieses wird wiederum in drei kleinere Abschnitte eingetheilt: in die Trias-, Jura- und Kreide-Periode. Die Mächtigkeit der Schichtengruppen, welche während dieser drei Perioden, vom Beginne der Trias-Zeit bis zum Ende der Kreide-Zeit, abgelagert wurden, beträgt zusammengenommen ungefähr gegen 15,000 Fuss, also noch nicht die Hälfte von der Dicke der paläolithischen Ablagerungen. Während dieses Zeitalters fand innerhalb aller Abtheilungen des Thierreiches eine sehr reiche und mannichfaltige Entwickelung statt. Insbesondere im Wirbelthier-Stamme entwickelte sich eine Masse von neuen und interessanten Formen. Unter den Fischen treten zum ersten Male die Knochenfische auf. In ganz überwiegender Mannichfaltigkeit und Artenmenge aber erscheinen die Reptilien, unter denen die ausgestorbenen riesigen Drachen, die Dinosaurier, und die fliegenden Eidechsen, die Pterosaurier, die merkwürdigsten und bekanntesten sind. Entsprechend dieser Herrschaft der Reptilien-Klasse bezeichnet man diesen Abschnitt wohl als das Zeitalter der Reptilien. Ausserdem aber entwickelte sich während dieses Zeitabschnittes auch die Klasse der Vögel, und zwar hat diese unzweifelhaft aus einer Abtheilung der eidechsenartigen Reptilien ihren Ursprung genommen. Das beweist die übereinstimmende Embryologie der Vögel und Reptilien, ihre vergleichende Anatomie, und unter anderem auch der Umstand, dass wir aus dieser Periode noch einen versteinerten Vogel mit Eidechsenschwanz kennen (die Archaeopteryx). Endlich trat aber während dieses Zeitraumes auch die vollkommenste und für uns wichtigste Wirbelthierklasse auf, die Klasse der Säugethiere. Die ältesten versteinerten Reste derselben sind in den jüngsten Triasschichten ge-

funden worden: Backenzähne von einem kleinen insectenfressenden Beutelthiere. Zahlreichere Reste finden sich etwas später im Jura, einzelne auch in der Kreide. Alle Reste von Säugethieren, welche wir aus diesem mesolithischen Zeitraume kennen, gehören der niederen Abtheilung der Beutelthiere an; und darunter haben sich ganz sicher auch Vorfahren des Menschen befunden. Hingegen ist noch kein einziger Ueberrest von einem höheren Säugethiere (einem Placentalthiere) aus diesem ganzen Zeitraume mit Sicherheit bekannt. Diese letzte Hauptabtheilung der Säugethiere, zu welcher auch der Mensch gehört, entwickelte sich erst später, in der darauf folgenden Tertiärzeit.

Der vierte Hauptabschnitt der organischen Erdgeschichte, das tertiäre, caenozoische oder caenolithische Zeitalter, war von viel kürzerer Dauer als die vorhergehenden. Denn die Schichten, welche innerhalb dieses Zeitraumes abgelagert wurden, sind im Ganzen genommen nur ungefähr 3000 Fuss dick. Derselbe wird abermals in drei untergeordnete Abschnitte eingetheilt, welche man als eocaene, miocaene und pliocaene Periode bezeichnet. Innerhalb dieser Perioden fand die mannichfaltigste Entwickelung der höheren Thier- und Pflanzen-Klassen statt, und die Fauna und Flora unseres Erdballs näherte sich jetzt immer mehr dem Charakter, den sie noch gegenwärtig besitzt. Insbesondere gewann nun die höchst entwickelte Thierklasse, diejenige der Säugethiere, das Uebergewicht. Man kann daher diese tertiäre Hauptperiode geradezu als das Zeitalter der Säugethiere bezeichnen. Jetzt erst tritt die vollkommenste Abtheilung derselben auf, diejenige der Placentalthiere, zu welcher auch das Menschengeschlecht gehört. Das erste Auftreten des Menschen, oder schärfer ausgedrückt: die Entwickelung des Menschen aus der nächstverwandten Affenform, fällt wahrscheinlich entweder in die miocaene oder pliocaene Periode, in den mittleren oder in den letzten Abschnitt des tertiären Zeitalters. Vielleicht ist auch, wie Andere annehmen, der eigentliche, d. h. der mit Sprache begabte Mensch, erst in dem darauf folgenden anthropolithischen Zeitalter aus dem sprachlosen Affenmenschen hervorgegangen.

In diesen fünften und letzten Hauptabschnitt der organischen Erdgeschichte fällt jedenfalls erst die vollständige Entwickelung und Ausbreitung der verschiedenen Menschen-Arten, und eben deshalb hat man denselben das anthropolithische oder anthropozoische

oder auch wohl das quartäre Zeitalter genannt. Allerdings können wir bei dem unvollständigen Zustande unserer paläontologischen und urgeschichtlichen Kenntnisse jetzt noch nicht die Frage lösen, ob die Entwickelung des Menschengeschlechtes aus den nächst verwandten Affenformen erst im Anfange dieses anthropolithischen Zeitalters oder bereits um die Mitte oder gegen Ende des vorhergehenden tertiären Zeitraumes stattfand. Allein so viel ist wohl sicher, dass die eigentliche Entwickelung der menschlichen Cultur erst in das anthropolithische Zeitalter fällt, und dass dieses nur einen verschwindend kleinen Abschnitt von dem ganzen ungeheuren Zeitraume der organischen Erdgeschichte umfasst. Wenn man dies bedenkt, erscheint es als eine lächerliche Anmaassung des Menschen, dass er die kurze Spanne seiner Culturzeit als die „Weltgeschichte" bezeichnet. Diese sogenannte „Weltgeschichte" ist nach ungefährer Schätzung noch nicht ein halbes Procent von der Länge der ungeheuren Zeiträume, welche seit dem Beginne der organischen Erdgeschichte bis zur Gegenwart verflossen sind. Denn diese Weltgeschichte oder richtiger, die Völkergeschichte, ist selbst nur wieder die letzte Hälfte des anthropolithischen Zeitraumes, während die erste Hälfte derselben noch als vorhistorische Periode bezeichnet werden muss. Man kann daher diese letzte Hauptperiode, welche vom Ende der caenolithischen Periode bis zur Gegenwart reicht, auch nur insofern als das Zeitalter des Menschengeschlechts bezeichnen, als während desselben die Ausbreitung und Differenzirung der verschiedenen Menschen-Arten und Rassen stattfand, welche so mächtig umgestaltend auf die gesammte übrige organische Bevölkerung der Erde einwirkte.

Die menschliche Eitelkeit und der menschliche Hochmuth haben seit dem Erwachen des Menschenbewusstseins sich besonders in dem Gedanken gefallen, den Menschen als den eigentlichen Hauptzweck und das Ziel alles Erdenlebens, als den Mittelpunkt der irdischen Natur anzusehen, zu dessen Dienste und Nutzen das ganze übrige Getriebe der letzteren von einer „weisen Vorsehung" von Anfang an vorher bestimmt oder praedestinirt sei. Wie völlig unberechtigt diese anmaassenden anthropocentrischen Einbildungen sind, beweist Nichts schlagender, als die Vergleichung der Länge des anthropozoischen oder quartären Zeitalters mit derjenigen der vorhergehenden Zeiträume. Denn wenn auch das anthropolithische Zeitalter meh-

rere Hunderttausend Jahre umfassen mag, was bedeutet diese Zeitspanne, verglichen mit den Millionen von Jahren, welche seit Beginn der organischen Erdgeschichte bis zum ersten Auftreten des Menschengeschlechts verflossen sind?

Wenn wir den gesammten Zeitraum der organischen Erdgeschichte, von der Urzeugung der ersten Moneren an bis auf den heutigen Tag, in hundert gleiche Theile theilen, und wenn wir dann, entsprechend dem relativen durchschnittlichen Dicken-Verhältniss der inzwischen abgelagerten Schichten-Systeme, die relative Zeitdauer jener fünf Hauptabschnitte oder Zeitalter nach Procenten berechnen, so erhalten wir für die letzteren ungefähr folgendes Längen-Verhältniss:

I.	Archolithische oder archozoische (primordiale) Zeit	53,6
II.	Palaeolithische oder palaeozoische (primäre) Zeit	32,1
III.	Mesolithische oder mesozoische (secundäre) Zeit	11,5
IV.	Caenolithische oder caenozoische (tertiäre) Zeit	2,3
V.	Anthropolithische oder anthropozoische (quartäre) Zeit	0,5
	Summa:	100,0

Anschaulicher noch zeigt Ihnen dieses relative Längen-Verhältniss der fünf Hauptperioden der organischen Erdgeschichte die gegenüberstehende Tabelle, in welcher die verhältnissmässige Dicke der innerhalb derselben abgelagerten Schichten-Systeme jenen Maassverhältnissen entsprechend angegeben ist. Sie sehen hier, wie der Zeitraum der sogenannten „Weltgeschichte“ nur eine verschwindende Zeitspanne gegenüber der unermesslichen Länge der früheren Zeitalter bildet, in welchen von menschlichen Existenzen auf unserem Planeten noch gar keine Rede war. Selbst das wichtige caenozoische Zeitalter oder die sogenannte Tertiär-Zeit, innerhalb deren erst sich die Placentalthiere oder die höheren Säugethiere entwickelten, beträgt wenig über zwei Procent von der gesammten ungeheuren Länge der organischen Erdgeschichte [73]).

Bevor wir nun jetzt an unsere eigentliche phylogenetische Aufgabe herantreten und gestützt auf unsere ontogenetischen Erfahrungen und auf das biogenetische Grundgesetz die paläontologische Entwickelungsgeschichte unserer thierischen Vorfahren innerhalb jener Zeiträume Schritt für Schritt verfolgen, lassen Sie uns noch einen kurzen Ausflug in ein anderes, scheinbar sehr verschiedenes und entferntes wissenschaftliches Gebiet unternehmen, dessen allgemeine Be-

Neunte Tabelle.

Uebersicht der neptunischen versteinerungsführenden Schichten-Systeme der Erdrinde mit Bezug auf ihre verhältnissmässige durchschnittliche Dicke. (130,000 Fuss circa.)

IV. Caenolithische Schichten-Systeme. 3000 Fuss.	**Eocaen, Miocaen, Pliocaen.**
III. Mesolithische Schichten-Systeme. Ablagerungen der Secundärzeit. Circa 15,000 Fuss.	IX. Kreide-System.
	VIII. Jura-System.
	VII. Trias-System.
II. Paläolithische Schichten-Systeme. Ablagerungen der Primärzeit. Circa 42,000 Fuss.	VI. Permisches System.
	V. Steinkohlen-System.
	IV. Devonisches System.
I. Archolithische Schichten-Systeme. Ablagerungen der Primordialzeit. Circa 70,000 Fuss.	III. Silurisches System. Circa 22,000 Fuss.
	II. Cambrisches System. Circa 18,000 Fuss.
	I. Laurentisches System. Circa 30,000 Fuss.

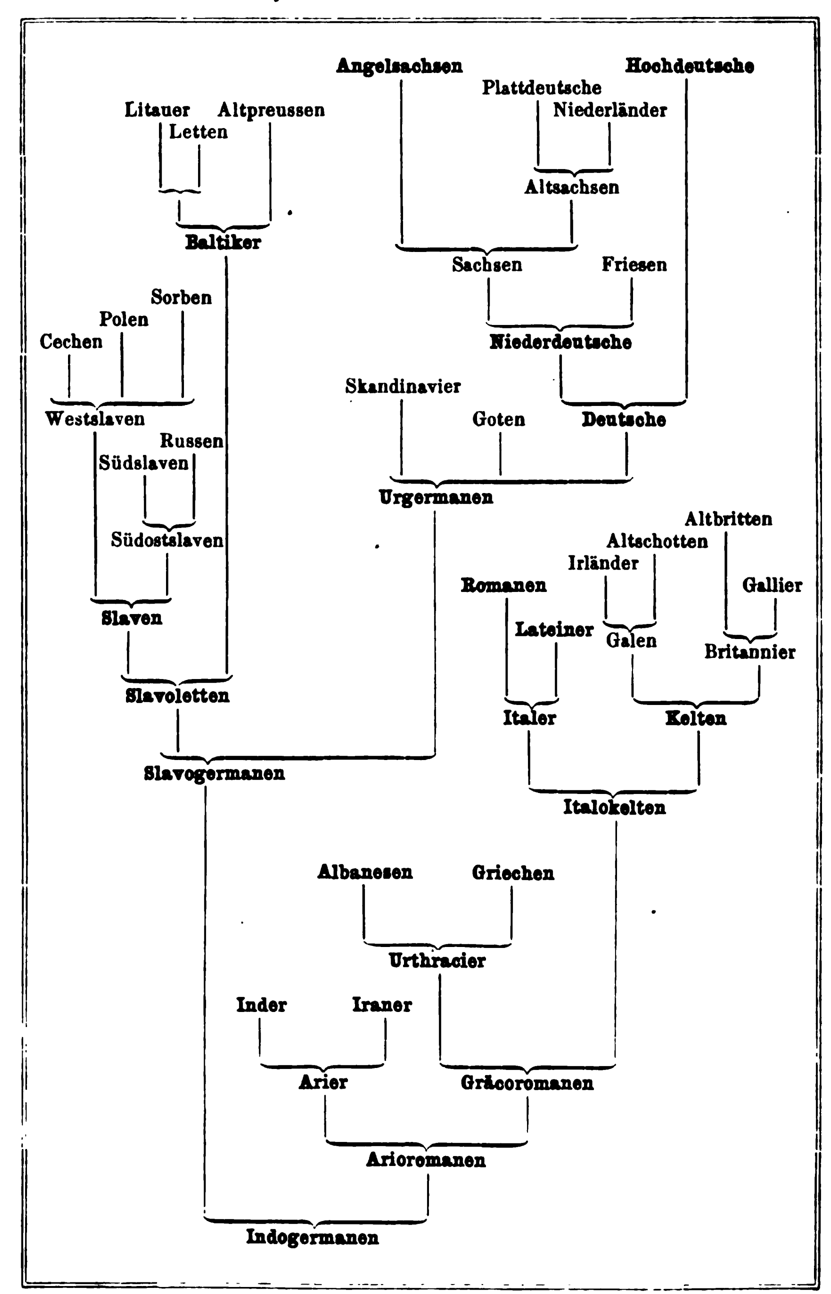
trachtung die Lösung der jetzt an uns herantretenden schwierigen Fragen sehr erleichtern wird. Das ist das Gebiet der vergleichenden Sprachforschung. Seitdem DARWIN durch seine Selections-Theorie neues Leben in die Biologie gebracht und überall die fundamentale Entwickelungs-Frage angeregt hat, seitdem ist schon vielfach und von sehr verschiedenen Seiten her auf die merkwürdige Uebereinstimmung hingewiesen worden, welche zwischen der Entwickelung der verschiedenen menschlichen Sprachen und derjenigen der organischen Arten besteht. Dieser Vergleich ist vollkommen berechtigt und sehr lehrreich. In der That giebt es wohl kaum eine treffendere Analogie, wenn man sich über viele schwierige und dunkle Verhältnisse in der Entwickelungsgeschichte der Species volle Klarheit verschaffen will. Denn die letztere wird durch dieselben Naturgesetze beherrscht und geleitet, wie der Entwickelungsgang der Sprachen. Alle Sprachforscher, welche nur einigermaassen mit der Wissenschaft fortgeschritten sind, nehmen jetzt übereinstimmend an, dass alle menschlichen Sprachen sich langsam und allmählich aus einfachsten Anfängen entwickelt haben. Hingegen ist der wunderliche, noch vor dreissig Jahren von angesehenen Autoritäten vertheidigte Satz, dass die Sprache ein göttliches Geschenk sei, jetzt wohl ganz allgemein verlassen und wird höchstens noch von Theologen und von solchen Leuten vertheidigt, die überhaupt von natürlicher Entwickelung keine Vorstellung haben. Angesichts der glänzenden Resultate der vergleichenden Sprachforschung muss man in der That sich die Augen mit beiden Händen zuhalten, wenn man die natürliche Entwickelung der Sprache nicht sehen will. Für den Naturforscher ist diese eigentlich selbstverständlich. Denn die Sprache ist eine physiologische Funktion des menschlichen Organismus, welche sich gleichzeitig mit ihren Organen, dem Kehlkopfe und der Zunge, und gleichzeitig mit den Gehirnfunktionen entwickelt hat. Wir werden es daher auch ganz natürlich finden, wenn wir in der Entwickelungsgeschichte und in der Systematik der Sprachen ganz dieselben Verhältnisse wieder antreffen, wie in der Entwickelungsgeschichte und Systematik der organischen Arten oder Species. Die verschiedenen kleineren und grösseren Gruppen von Sprachformen, welche die vergleichende Sprachforschung als Ursprachen, Grundsprachen, Muttersprachen, Tochtersprachen, Dialekte, Mundarten u. s. w. unterscheidet, entsprechen in ihrer Entwickelungsweise voll-

ständig den verschiedenen kleineren und grösseren Formen-Kategorien, welche wir im zoologischen und botanischen Systeme als Stämme, Klassen, Ordnungen, Familien, Gattungen, Arten, Spielarten des Thierreiches und Pflanzenreiches classificiren. Das Verhältniss dieser verschiedenen, theils neben, theils über einander geordneten Gruppenstufen oder Kategorien des Systems ist in beiden Fällen ganz dasselbe; aber auch die Entwickelung derselben erfolgt hier wie dort in derselben Weise. Dieser lehrreiche Vergleich ist zuerst von einem unserer bedeutendsten vergleichenden Sprachforscher näher ausgeführt worden, von dem leider zu früh verstorbenen AUGUST SCHLEICHER, der gleichzeitig ein ausgezeichneter Botaniker war. In seinen verschiedenen grösseren Werken finden Sie die „vergleichende Anatomie und Entwickelungsgeschichte der Sprachen" ganz nach derselben phylogenetischen Methode behandelt, nach welcher wir in der vergleichenden Anatomie und Entwickelungsgeschichte der Thierformen verfahren. Speciell durchgeführt hat er dieselbe an dem Stamme der indogermanischen Sprachen, und in der kleinen Schrift über „Die DARWIN'sche Theorie und die Sprachwissenschaft" durch einen Stammbaum des indogermanischen Sprachstammes erläutert [74]).

Wenn Sie mit Hülfe dieses Stammbaumes die Ausbildung der verschiedenen Sprachzweige, welche aus der gemeinsamen Wurzel der indogermanischen Ursprache sich entwickelt haben, verfolgen, so werden Sie ein ausserordentlich klares Bild von der Phylogenie derselben erhalten. Sie werden sich zugleich überzeugen, wie diese vollständig der Entwickelung der grösseren und kleineren Gruppen von Wirbelthieren analog ist, welche sich aus der gemeinsamen Stammform des Urwirbelthieres entwickelt haben. Jene uralte indogermanische Wurzelsprache hat sich zunächst in zwei Hauptstämme gesondert: einen slavogermanischen und einen arioromanischen Hauptstamm oder Urstamm. Der slavogermanische Urstamm gabelte sich dann wieder in eine germanische Ursprache und eine slavolettische Ursprache. Ebenso spaltete sich der arioromanische Urstamm in eine arische Ursprache und eine gräcoromanische Ursprache (S. 360). Verfolgen wir den Stammbaum dieser vier indogermanischen Ursprachen noch weiter, so finden wir, dass sich unsere uralte germanische Ursprache in drei Hauptzweige theilte, in eine scandinavische, eine gothische und eine deutsche Grundsprache. Aus der deutschen Grundsprache ging einerseits das Hochdeutsche, anderseits

Zehnte Tabelle.

Stammbaum der indogermanischen Sprachen.



das Niederdeutsche hervor, zu welchem letzteren die verschiedenen friesischen, sächsichen und plattdeutschen Mundarten gehören. In ähnlicher Weise entwickelte sich die slavo-lettische Ursprache, die sich zunächst in eine baltische und in eine slavische Grundsprache theilte. Aus der baltischen Grundsprache gingen die lettischen, litauischen und altpreussischen Mundarten hervor. Aus der slavischen Grundsprache hingegen entwickelten sich einerseits im Südosten die russischen und südslavischen Mundarten, anderseits im Westen die polnischen und cechischen Mundarten.

Werfen wir anderseits noch einen Blick auf die Verzweigung des anderen Hauptstammes der indogermanischen Sprachen, auf den arioromanischen Urstamm, so treffen wir eine nicht minder reiche Verzweigung seiner beiden Hauptäste an. Die gräcoromanische Ursprache spaltete sich einerseits in die thracische Grundsprache (albanesisch-griechisch), anderseits in die italokeltische Grundsprache. Aus der letzteren haben sich abermals zwei divergirende Zweige hervorgebildet, im Süden der italische Sprachzweig (romanisch und lateinisch), im Norden der keltische Sprachzweig, aus welchem alle die verschiedenen britannischen (altbritischen, altschottischen, irischen) und gallischen Mundarten hervorgingen. Ebenso entstanden aus wiederholter Verzweigung der arischen Ursprache alle die zahlreichen iranischen und indischen Mundarten.

Die nähere Verfolgung dieses Stammbaumes der indogermanischen Sprachen ist in vieler Beziehung vom höchsten Interesse. Die vergleichende Sprachforschung, der wir die Erkenntniss desselben verdanken, bewährt sich dabei als eine echte Wissenschaft, als eine Naturwissenschaft! Ja, sie hat die phylogenetische Methode, mit der wir jetzt im Gebiete der Zoologie und Botanik die grössten Erfolge erzielen, auf ihrem Gebiete schon längst anticipirt. Ich kann hierbei die Bemerkung nicht unterdrücken, wie viel besser es um unsere allgemeine Bildung stehen würde, wenn in unseren Schulen die Sprachforschung (sicher eines der wichtigsten Bildungsmittel!) vergleichend betrieben würde, wenn an die Stelle unserer todten und trockenen Philologie die lebendige und vielseitig anregende „vergleichende Sprachlehre“ treten würde. Diese letztere verhält sich zur ersteren ganz ebenso wie die lebendige Entwickelungsgeschichte der Organismen zur todten Systematik der Arten. Wie viel mehr Interesse am Sprachstudium würden die Schüler in unseren

Gymnasien gewinnen und wie viele lebendige Anschauungen nebenbei ernten, wenn sie nur die ersten Elemente der vergleichenden Sprachforschung lernten, statt mit der abschreckenden Composition lateinischer Aufsätze in ciceronianischem Style geplagt zu werden!

Ich bin hier deshalb etwas näher auf die „vergleichende Anatomie" und Entwickelungsgeschichte der Sprachen eingegangen, weil sie in ganz vorzüglicher Weise die Phylogenie der organischen Species erläutert. Wie Sie sehen, entsprechen nach Bau und Entwickelung die Ursprachen, Muttersprachen, Tochtersprachen und Mundarten in der Art vollständig den Klassen, Ordnungen, Gattungen und Arten des Thierreiches. Das „natürliche System" ist hier wie dort phylogenetisch. Wie wir durch die vergleichende Anatomie und Ontogenie und durch die Paläontologie zu der festen Ueberzeugung geführt werden, dass alle ausgestorbenen und lebenden Wirbelthiere von einer gemeinsamen Grundform abstammen, so gelangen wir durch das vergleichende Studium der ausgestorbenen und lebenden indogermanischen Sprachen zu der unerschütterlichen Ueberzeugung einer gemeinsamen Abstammung aller dieser Sprachen von einer gemeinsamen Ursprache. Das ist die übereinstimmende monophyletische Ansicht aller bedeutenden Linguisten, welche dieses Gebiet bearbeitet haben und welche eines kritischen Urtheils fähig sind [75]).

Derjenige Punkt aber, auf den ich Sie bei diesem Vergleiche der verschiedenen indogermanischen Sprachzweige mit den verschiedenen Zweigen des Wirbelthierstammes ganz besonders aufmerksam machen möchte, ist der, dass Sie niemals die directen Descendenten mit den Seitenlinien, und ebenso niemals ausgestorbene Formen mit lebenden verwechseln dürfen. Diese Verwechselung geschieht sehr häufig, und unsere Gegner benutzen sehr oft die aus solchen Verwechselungen entspringenden irrthümlichen Vorstellungen, um die Descendenz-Theorie überhaupt zu bekämpfen. Wenn wir z. B. die Behauptung aufstellen, dass der Mensch vom Affen und dieser letztere vom Halbaffen, sowie der Halbaffe vom Beutelthiere abstamme, so denken sehr viele Leute dabei nur an die bekannten noch lebenden Arten dieser verschiedenen Säugethier-Ordnungen, welche ausgestopft in unseren Museen sich befinden. Unsere Gegner aber schieben uns selbst diese irrthümliche Auffassung unter, und behaupten mit mehr Hinterlist als Verstand, dass das ganz unmöglich sei, oder verlangen wohl gar, dass wir auf dem Wege des physiologischen

Experimentes ein Känguruh in einen Halbaffen, diesen letzteren in einen Gorilla und den Gorilla in einen Menschen verwandeln sollen! Dieses Verlangen ist eben so kindisch, als jene Auffassung irrig ist. Denn alle diese noch lebenden Formen haben sich mehr oder weniger von der gemeinsamen Stammform entfernt und keine von ihnen kann dieselbe divergirende Nachkommenschaft erzeugen, welche jene Stammform vor Jahrtausenden wirklich erzeugt hat[76]).

Unzweifelhaft stammt der Mensch von einer ausgestorbenen Säugethier-Form ab, welche wir sicher in die Ordnung der Affen stellen würden, wenn wir sie vor uns sehen könnten. Ebenso unzweifelhaft stammt dieser Uraffe wiederum von einem unbekannten Halbaffen und der letztere von einem ausgestorbenen Beutelthiere ab. Aber ebenso unzweifelhaft ist es, dass alle diese ausgestorbenen Ahnen-Formen nur ihrem wesentlichen inneren Bau nach und wegen der Uebereinstimmung in den entscheidenden anatomischen Ordnungs-Charakteren als Angehörige jener noch lebenden Säugethier-Ordnungen angesprochen werden dürfen. In der äusseren Form, in den Genus- und Species-Charakteren werden sie mehr oder weniger, vielleicht sogar sehr bedeutend von allen lebenden Vertretern jener Ordnungen verschieden gewesen sein. Denn es muss als ein ganz allgemeiner und natürlicher Vorgang in der phylogenetischen Entwickelung gelten, dass die Stammformen selbst mit ihren specifischen Eigenthümlichkeiten seit längerer oder kürzerer Zeit ausgestorben sind. Diejenigen Formen, welche ihnen unter den lebenden Arten am nächsten stehen, sind doch mehr oder weniger, vielleicht sehr wesentlich von ihnen verschieden. Es kann sich also bei unseren phylogenetischen Untersuchungen und bei der vergleichenden Betrachtung der noch lebenden divergirenden Nachkommen nur darum handeln, den näheren oder weiteren Abstand der letzteren von der Stammform zu bestimmen. Wir können mit voller Sicherheit annehmen, dass keine einzige ältere Stammform sich bis heute unverändert fortgepflanzt hat.

Ganz dasselbe Verhältniss treffen wir bei Vergleichung der verschiedenen ausgestorbenen und lebenden Sprachen wieder, welche sich aus einer und derselben gemeinsamen Ursprache entwickelten. Wenn wir in diesem Sinne unseren Stammbaum der indogermanischen Sprachen betrachten, so werden wir von vornherein schliessen dürfen, dass alle die älteren Ursprachen, Grundsprachen und

Muttersprachen, als deren divergirende Töchter- und Enkel-Sprachen wir die heute lebenden Mundarten dieses Stammes betrachten müssen, seit längerer oder kürzerer Zeit ausgestorben sind. Und das ist auch in der That der Fall. Die arioromanische und die slavogermanische Hauptsprache sind längst völlig ausgestorben, ebenso die arische und die gräcoromanische, die slavolettische und die germanische Ursprache. Aber auch deren Töchter und Enkelinnen sind längst ausgestorben, und alle heute lebenden indogermanischen Sprachen sind nur insofern verwandt, als sie divergirende Nachkommen von gemeinsamen Stammformen sind. Die einen haben sich mehr, die anderen weniger von diesen Stammformen entfernt.

Diese klar nachweisbare Thatsache erläutert vortrefflich das analoge Verhältniss in der Descendenz der Wirbelthier-Arten. Die phylogenetische „vergleichende Sprachforschung" unterstützt hier als mächtiger Bundesgenosse die phylogenetische „vergleichende Zoologie." Die erstere kann aber den Beweis viel directer führen, als die letztere, weil das paläontologische Material der Sprachforschung, nämlich die alten Schriftdenkmale der ausgestorbenen Sprachen, ungleich vollständiger erhalten sind, als das paläontologische Material der ersteren, als die versteinerten Knochen der Wirbelthiere. Je weiter Sie über dieses analoge Verhältniss nachdenken, desto mehr werden Sie sich überzeugen, wie zutreffend dasselbe ist.

Sie werden bald sehen, dass wir im Stande sind, den Stammbaum des Menschen nicht allein auf die niederen Säugethiere, sondern auch weiter hinab auf die Amphibien, noch weiter hinunter auf haifischartige Urfische, und endlich noch viel tiefer hinunter auf schädellose Wirbelthiere zurückzuführen, welche dem Amphioxus nahe standen. Wie Sie wohl nun einsehen werden, ist das niemals so zu verstehen, als ob der heute noch lebende Amphioxus, die heutigen Haifische, die heutigen Amphibien uns irgend eine genaue Vorstellung von dem äusseren Aussehen der betreffenden Stammformen geben könnten. Noch viel weniger ist es so zu verstehen, als ob der Amphioxus, oder irgend ein Haifisch der Gegenwart, oder irgend eine noch lebende Amphibien-Art die directe Stammmform der höheren Wirbelthiere und des Menschen sei. Vielmehr ist jene wichtige Behauptung vernünftiger Weise stets nur so zu verstehen, dass die angeführten lebenden Formen Seitenlinien sind, welche den ausgestorbenen gemeinsamen Stammformen viel näher verwandt und

viel ähnlicher geblieben sind, als alle anderen uns bekannten Thierformen. Sie sind ihnen so ähnlich geblieben, dass wir sie mit den unbekannten Stammformen zusammen in eine Klasse stellen würden, wenn wir letztere lebend vor uns hätten. Aber niemals haben sich directe Descendenten der Urformen unverändert erhalten, und es ist daher die Annahme ganz ausgeschlossen, dass unter den heute noch lebenden Thierarten directe Vorfahren des Menschengeschlechts in ihren charakteristischen Species-Formen zu finden wären. Das Wesentliche und Charakteristische, welches die lebenden Formen noch mit den gemeinsamen ausgestorbenen Stammformen mehr oder weniger eng verbindet, liegt im inneren Bau des Körpers, nicht in der äusseren Species-Form. Die letztere ist durch Anpassung vielfach abgeändert. Die erstere hat sich durch Vererbung erhalten.

Die vergleichende Anatomie und Ontogenie führt den unwiderleglichen Beweis, dass der Mensch ein echtes Wirbelthier ist, und demnach muss auch der specielle Stammbaum des Menschen naturgemäss mit dem Stammbaum aller derjenigen Wirbelthiere zusammenhängen, welche mit ihm von derselben gemeinsamen Wurzel abstammen. Nun können wir aber aus vielen bestimmten Gründen der vergleichenden Anatomie und Ontogenie für alle Wirbelthiere nur einen gemeinsamen Ursprung annehmen, nur eine monophyletische Descendenz behaupten. Wenn überhaupt die Descendenz-Theorie richtig ist, so können alle Wirbelthiere mit Inbegriff des Menschen nur von einer einzigen gemeinsamen Stammform, von einer einzigen „Urwirbelthier"-Art abstammen. Daher wird der Stammbaum der Wirbelthiere zugleich der Stammbaum des Menschengeschlechts sein. Unsere Aufgabe, den Stammbaum des Menschen zu erkennen, erweitert sich demnach zu der umfassenderen Aufgabe, den Stammbaum des ganzen Wirbelthierstammes zu konstruiren. Dieser hängt nun, wie Sie bereits aus der vergleichenden Anatomie und Ontogenie des Amphioxus und der Ascidie wissen, mit dem Stammbaum der wirbellosen Thiere zusammen, und zwar unmittelbar mit demjenigen der Würmer, während kein Zusammenhang desselben mit den selbstständigen Thierstämmen der Gliederthiere, Weichthiere und Sternthiere nachzuweisen ist. Da die Ascidie zu den Mantelthieren gehört, und da wir diese Thierklasse nur in der gestaltenreichen Abtheilung des Würmerstammes unterbringen können, so müssen wir also weiterhin unseren

Stammbaum mit Hülfe der vergleichenden Anatomie und Ontogenie verschiedene Stufen hinab bis zu den niedersten Würmern verfolgen. Da gelangen wir nun unfehlbar zu der Gasträa, jener höchst wichtigen Thierform, die uns das denkbar einfachste Urbild eines Thieres mit zwei Keimblättern vorführt. Die Gasträa selbst kann nur wieder aus jenem niedersten Kreise der allereinfachsten Thierformen ihren Ursprung genommen haben, welche heutzutage unter dem Namen der Urthiere oder Protozoen zusammengefasst werden. Unter diesen haben wir bereits die für uns wichtigste Urform in Betracht gezogen: die einzellige Amoebe, deren ausserordentliche Bedeutung auf der Vergleichung mit der menschlichen Eizelle beruht. Damit haben wir den tiefsten von den unerschütterlichen Punkten erreicht, an welchem unser biogenetisches Grundgesetz unmittelbar zu verwerthen ist, und an welchem wir aus dem embryonalen Entwickelungszustande direct auf die ausgestorbene Stammform schliessen können. Der einzellige Zustand, in welchem jeder Mensch als einfache Eizelle sein individuelles Dasein beginnt, berechtigt uns zu der Behauptung, dass die ältesten Vorfahren des Menschengeschlechts (wie des Thierreichs überhaupt) einfache amoeboide Zellen waren.

Hier tritt uns nun aber die weitere Frage entgegen: „Wo sind im ersten Beginn der organischen Erdgeschichte, im Anfange der laurentischen Periode, die ältesten Amoeben hergekommen?“ Darauf giebt es nur eine Antwort. Wie alle einzelligen Organismen, können sich auch die Amoeben ursprünglich nur aus den einfachsten Organismen entwickelt haben, die wir kennen, aus den Moneren. (Vergl. die *Protamoeba*, Fig. 13, S. 142.) Diese Ihnen bereits bekannten Moneren sind zugleich die einfachsten Organismen, die wir uns überhaupt denken können. Denn ihr ganzer Körper besitzt noch gar keine bestimmte Form und ist weiter Nichts als ein Stückchen Urschleim oder Plasson, ein Klümpchen jener lebendigen, alle wesentlichen Lebensfunctionen bereits vollziehenden Eiweissmasse, die ursprünglich die materielle Basis des Lebens bildete. Wir kommen damit an die letzte, oder, wenn wir lieber wollen, an die erste Frage der Entwickelungsgeschichte, an die Frage von der ersten Entstehung der Moneren. Das ist aber zugleich die wichtige Frage nach dem ersten Ursprung des Lebens, die Frage von der Urzeugung.

Wir haben in diesen Vorträgen keine Zeit und auch keine Veranlassung, auf die schwierige Frage von der Urzeugung näher ein-

zugehen. Ich muss Sie in dieser Beziehung auf meine „Natürliche Schöpfungsgeschichte“ und besonders auf das zweite Buch der „Generellen Morphologie“ verweisen, in welchem ich meine persönliche Auffassung derselben sehr ausführlich begründet habe[77]). Hier will ich nur mit ein paar Worten diese dunkle Frage von der ersten Entstehung des Lebens berühren und insoweit beantworten, als sie unsere principielle Auffassung der organischen Entwickelungsgeschichte betrifft. In demjenigen bestimmt begrenzten Sinne, in welchem ich die Urzeugung oder *Generatio spontanea* vertheidige, und sie als eine unentbehrliche Hypothese für den ersten Anfang des Lebens auf der Erde in Anspruch nehmen muss, begreift sie lediglich die Entstehung der Moneren aus anorganischen Kohlenstoff-Verbindungen. Als zum ersten Male lebendige Naturkörper auf unserem bis dahin unbelebten Planeten auftraten, muss sich zunächst auf rein chemischen Wege aus rein anorganischen Kohlenstoff-Verbindungen jene höchst zusammengesetzte stickstoffhaltige Kohlenstoff-Verbindung gebildet haben, welche wir Plasson nennen und welche der älteste materielle Träger aller Lebensthätigkeiten ist. Auf dem tiefsten Grunde des Meeres lebt noch heute solch homogenes formloses „Plasson“ unter dem Namen *Bathybius* in seiner allereinfachsten Beschaffenheit. Jedes individuelle lebende Stückchen dieser structurlosen Masse nennen wir ein Moner. Die ältesten Moneren entstanden im Meere durch Urzeugung, analog Krystallen, welche sich in der Mutterlauge bilden. Diese Annahme wird von dem nüchternen Causalitäts-Bedürfniss der menschlichen Vernunft gefordert. Denn wenn wir einerseits bedenken, dass die ganze anorganische Erdgeschichte nach mechanischen Gesetzen ohne irgend welche schöpferischen Eingriffe abläuft, und wenn wir anderseits erwägen, dass auch die gesammte organische Erdgeschichte durch gleiche mechanische Gesetze bedingt wird, wenn wir sehen, dass es für die Entstehung der verschiedenen Organismen keines übernatürlichen Eingriffes irgend einer Schöpferkraft bedarf, dann ist es gewiss vollkommen ungereimt, einen solchen übernatürlichen schöpferischen Eingriff für die erste Entstehung des Lebens auf unserer Erde anzunehmen. Jedenfalls sind wir Naturforscher verpflichtet, wenigstens den Versuch einer natürlichen Erklärung zu machen.

Die vielbesprochene Urzeugungsfrage erscheint uns heute nur deshalb so sehr verwickelt, weil man eine Masse verschiedener und

zum Theil ganz absurder Vorstellungen unter diesem Begriff der „Urzeugung" zusammengefasst, und weil man durch die rohesten Versuche dieselbe experimentell lösen zu können geglaubt hat. Widerlegt kann die Lehre von der Urzeugung auf dem Wege des Experiments überhaupt nicht werden. Denn jedes Experiment mit negativem Erfolge beweist nur, dass unter den von uns angewendeten (—immer höchst künstlichen! —) Bedingungen kein Organismus aus anorganischen Verbindungen entstand. Bewiesen kann aber die Theorie von der Urzeugung durch das Experiment auch nur sehr schwierig werden; und wenn noch heute tagtäglich Moneren durch Urzeugung entstünden, (was sehr möglich ist!) so würde der sichere empirische Nachweis dieses Vorganges äusserst schwierig, meistens wohl unmöglich sein. Wer aber für den ersten Ursprung des Lebens auf unserer Erde keine Urzeugung von Moneren in unserem Sinne annimmt, dem bleibt nichts Anderes übrig, als an ein übernatürliches Wunder zu glauben; und das ist in der That der verzweifelte Standpunkt, den noch heute viele sogenannte „exacte Naturforscher", ihre eigene Vernunft preisgebend, einnehmen!

Ich wiederhole aber schliesslich ausdrücklich — nur für Moneren — nur für die structurlosen „Organismen ohne Organe" — dürfen wir die Hypothese der Urzeugung zu Hülfe nehmen. Jeder differenzirte, jeder aus Organen zusammengesetzte Organismus, kann erst durch Differenzirung seiner Theile, mithin durch Phylogenesis, aus einem indifferenteren und niederen Organismus entstanden sein! Wir können also nicht einmal für die Entstehung der einfachsten Zelle jemals einen Urzeugungs-Process annehmen. Denn selbst die einfachste Zelle besteht aus mindestens zwei verschiedenen Bestandtheilen: aus dem inneren festeren Kern (Nucleus) und aus der äusseren, weicheren Protoplasmahülle. Diese beiden differenten Theile können erst durch Sonderung aus dem indifferenten Plasson eines Moneres, also einer Cytode, entstanden sein. Gerade deshalb ist die Naturgeschichte der Moneren vom höchsten Interesse, weil sie allein im Stande ist, die principiellen Schwierigkeiten der Urzeugungsfrage zu beseitigen. Die noch heute lebenden Moneren führen uns thatsächlich solche organlose und structurlose Organismen vor Augen, wie sie im ersten Beginne des organischen Lebens auf der Erde durch Urzeugung entstanden sein müssen.

Sechszehnter Vortrag.

Die Ahnen-Reihe des Menschen.

I. Vom Moner bis zur Gastraea.

„Jetzt wird man freilich, wenn der Entwickelungsgang sich so unendlich einfach zeigt, finden, dass sich das Alles von selbst so verstehe und kaum der Bestätigung durch die Untersuchung bedurft hätte. Aber die Geschichte vom Ei des Columbus wiederholt sich täglich, und es kommt mir darauf an, es einmal auf den Ring gestellt zu haben. Wie langsam man übrigens in der Erkenntniss dessen, was sich von selbst versteht, fortschreitet, besonders wenn beachtenswerthe Autoritäten entgegenstehen, davon habe ich an mir selbst Erfahrungen genug gemacht."

Carl Ernst Baer. (1828).

Inhalt des sechszehnten Votrages.

Verhältniss des generellen Inductions-Gesetzes der Descendenz-Theorie zu den speciellen Deductions-Gesetzen der Descendenz-Hypothesen. Unvollständigkeit der drei grossen Schöpfungsurkunden, der Paläontologie, Ontogenie und vergleichenden Anatomie. Ungleiche Sicherheit der verschiedenen speciellen Descendenz-Hypothesen. Die Ahnen-Reihe des Menschen in 22 Stufen: 8 wirbellose Ahnen und 14 Wirbelthier-Ahnen. Vertheilung dieser 22 Stammformen auf die fünf Hauptabschnitte der organischen Erdgeschichte. Erste Ahnenstufe: Moneren. Das structurlose und homogene Plasson der Moneren. Differenzirung des Plasson in Nucleus und Protoplasma bei den Zellen. Cytoden und Zellen als zwei verschiedene Moneren. Organismen ohne Organe. Zweite Ahnenstufe: Amoeben; einzellige Urthiere von der einfachsten und indifferentesten Beschaffenheit. Die amoeboiden Eizellen. Das Ei ist älter als das Huhn. Dritte Ahnenstufe: Synamoebium, ontogenetisch wiederholt durch die Morula; Gemeinde von gleichartigen amoeboiden Zellen. Vierte Ahnenstufe: Planaea, ontogenetisch wiederholt durch die Blastosphaera und die Planula. Fünfte Ahnenstufe: Gastraea, ontogenetisch wiederholt durch die Gastrula und die zweiblättrige Keimscheibe.

XVI.

Meine Herren!

Indem wir uns jetzt an der Hand des biogenetischen Grundgesetzes und der sicher gewonnenen Schöpfungsurkunden der interessanten Aufgabe zuwenden, die thierischen Stammformen des Menschengeschlechts der Reihe nach zu ergründen, müssen wir uns vor allem der verschiedenen Verstandes-Operationen bewusst werden, welche wir bei dieser naturphilosophischen Untersuchung zur Anwendung bringen. Diese Erkenntniss-Operationen sind theils inductiver, theils deductiver Natur; theils Schlüsse aus zahlreichen Einzel-Erfahrungen auf ein gemeinsames Gesetz; theils Rückschlüsse aus diesem allgemeinen Gesetz auf einzelne besondere Fälle.

Eine inductive Wissenschaft ist die gesammte Phylogenie als Ganzes. Denn die ganze Descendenz-Theorie, als ein unentbehrlicher und höchst wesentlicher Bestandtheil der universalen Entwickelungs-Theorie, ist auf lauter Inductionen gegründet. Aus der Gesammtheit der biologischen Vorgänge im Pflanzenleben, im Thierleben und im Menschenleben haben wir uns die sichere inductive Vorstellung gebildet, dass die Gesammtheit der organischen Bevölkerung unseres Erdballs sich nach einem einheitlichen Entwickelungsgesetze gebildet hat. Dieses Entwickelungsgesetz hat unter der Hand von LAMARCK, DARWIN und deren Nachfolgern die bestimmte Form der Descendenz-Theorie angenommen. Alle die interessanten Erscheinungen, welche uns die Ontogenie, die Paläontologie, die vergleichende Anatomie, die Dysteleologie, die Chorologie, die Oecologie der Organismen u. s. w. darbieten, — alle die wichtigen allgemeinen Gesetze, welche wir aus den Erscheinungsmassen dieser verschiedenen Wissenschaften abstrahiren, und welche unter sich in einem innigen harmonischen Zusammenhange stehen — sie alle sind die breiten inductiven Grundlagen jenes grössten biologischen Inductions-

gesetzes. Weil alle die unendlich mannichfaltigen Erscheinungsmassen dieser verschiedenen Gebiete in ihrem inneren Zusammenhange sich einzig und allein durch die Descendenz-Theorie erklären und begreifen lassen, deshalb müssen wir diese Entwickelungs-Theorie für ein umfassendes Inductionsgesetz halten.

Wenn wir nun aber dieses Inductionsgesetz wirklich zur Anwendung bringen, und mit seiner Hülfe die Abstammung der einzelnen Organismen-Arten zu ergründen suchen, so müssen wir nothgedrungen uns phylogenetische Hypothesen bilden, welche einen wesentlich deductiven Charakter tragen, welche Rückschlüsse aus der allgemeinen Descendenz-Theorie auf den einzelnen besonderen Fall sind. Diese speciellen Deductions-Schlüsse sind aber nach den unerbittlichen Gesetzen der Logik auf unserem Erkenntnissgebiete gerade so berechtigt, so nothwendig, so unentbehrlich, wie die generellen Inductions-Schlüsse, aus denen sich die gesammte Entwickelungs-Theorie aufbaut. Auch die Lehre von den thierischen Stammformen des Menschengeschlechts ist ein solches specielles Deductions-Gesetz, welches mit logischer Nothwendigkeit aus dem generellen Inductionsgesetze der Descendenz-Theorie folgt [78].

Wie jetzt ganz allgemein, sowohl von den Anhängern, wie von den Gegnern der Abstammungslehre zugegeben wird, haben wir bezüglich der Entstehung des Menschengeschlechts jetzt nur noch die Wahl zwischen zwei grundverschiedenen Annahmen: Wir müssen uns entweder zu dem Glauben bequemen, dass alle verschiedenen Arten von Thieren und Pflanzen, und ebenso auch der Mensch, unabhängig von einander durch den übernatürlichen Process einer göttlichen „Schöpfung" entstanden sind, welcher als solcher sich der wissenschaftlichen Betrachtung überhaupt entzieht — oder wir sind gezwungen, die Descendenz-Theorie in ihrem ganzen Umfange anzunehmen, und in gleicher Weise wie die verschiedenen Thier- und Pflanzenarten, so auch das Menschengeschlecht von einer uralten einfachsten Stammform abzuleiten. Ein Drittes zwischen diesen beiden Annahmen giebt es nicht. Entweder blinden Schöpfungsglauben, oder wissenschaftliche Entwickelungs-Theorie! Bei Annahme der letzteren, welche bei naturwissenschaftlicher Auffassung des Weltalls allein möglich ist, sind wir durch die vergleichende Anatomie und Ontogenie in den Stand gesetzt, die menschliche Ahnenreihe in

der gleichen Weise annähernd bis zu einem gewissen Grade zu erkennen, wie das auch bei allen übrigen Organismen mehr oder weniger der Fall ist.

Nun wird Ihnen bereits durch unsere bisherigen Untersuchungen über die vergleichende Anatomie und Ontogenie des Menschen und der anderen Wirbelthiere vollkommen klar geworden sein, dass wir den Stammbaum des Menschengeschlechts zunächst nur im Wirbelthier-Stamme suchen können. Es kann gar kein Zweifel darüber existiren, dass (wenn überhaupt die Descendenz-Theorie richtig ist!) sich der Mensch als echtes Wirbelthier entwickelt hat, dass er aus einer und derselben gemeinsamen Stammform mit allen übrigen Wirbelthieren entstanden ist. Diese specielle Deduction ist als vollkommen gesichert zu betrachten; vorausgesetzt natürlich die Richtigkeit des Inductions-Gesetzes der Descendenz-Theorie. Kein einziger Anhänger der letzteren kann gegen diesen wichtigen Deductions-Schluss einen Zweifel erheben. Wir können ferner innerhalb des Wirbelthierstammes eine Reihe von verschiedenen Formen namhaft machen, welche als Vertreter verschiedener auf einander folgender phylogenetischer Entwickelungsstufen, oder als verschiedene Glieder unserer Ahnen-Reihe, mit Sicherheit betrachtet werden können. Anderseits können wir mit der gleichen Sicherheit nachweisen, dass sich der Wirbelthierstamm als Ganzes aus einer Gruppe von niederen wirbellosen Thierformen hervorgebildet hat; und auch unter diesen können wir wieder mit mehr oder weniger Sicherheit eine Reihe von Gliedern der Vorfahren-Kette erkennen.

Wir wollen jedoch gleich hier ausdrücklich darauf aufmerksam machen, dass die Sicherheit dieser verschiedenen Descendenz-Hypothesen, die auf lauter speciellen Deductions-Schlüssen beruhen, höchst ungleich ist. Einzelne dieser Schlüsse stehen schon jetzt unerschütterlich fest; andere sind umgekehrt höchst zweifelhaft; bei noch anderen wird es von dem subjectiven Maasse der Kenntnisse und der Schlussfähigkeit des Naturforschers abhängen, welchen Grad von Wahrscheinlichkeit er denselben beimessen will. Jedenfalls haben Sie immer wohl zu unterscheiden zwischen der absoluten Sicherheit der generellen (inductiven) Descendenz-Theorie und der relativen Sicherheit der speciellen (deductiven) Descendenz-Hypothesen. Wir können allerdings niemals mit derselben Sicherheit, mit welcher wir die Descendenz-Theorie als die einzig wissenschaftliche Erklä-

rung der organischen Gestaltungen betrachten, die ganze Ahnen-Reihe oder die Vorfahren-Kette eines Organismus feststellen. Vielmehr wird der specielle Nachweis aller Stammformen im Einzelnen stets mehr oder weniger unvollständig und hypothetisch bleiben. Das ist auch ganz natürlich. Denn alle die maassgebenden Schöpfungs-Urkunden, auf welche wir uns stützen, sind in hohem Maasse unvollständig und werden immer unvollständig bleiben; gerade so wie in der vergleichenden Sprachforschung.

Im höchsten Maasse unvollständig ist vor allen die ursprünglichste aller Schöpfungsurkunden, die Paläontologie. Wir wissen, dass alle Versteinerungen, welche wir kennen, nur einen verschwindend geringen Bruchtheil von der Masse der Thierformen und Pflanzenformen ausmachen, welche überhaupt gelebt haben. Auf je eine uns in versteinertem Zustande erhaltene ausgestorbene Art kommen mindestens hundert, wahrscheinlich aber tausende von ausgestorbenen Arten, die uns keine Spur ihrer Existenz hinterlassen haben. Diese ausserordentliche und höchst bedauerliche Unvollständigkeit der paläontologischen Schöpfungsurkunden, welche nicht genug hervorgehoben werden kann, ist ganz leicht erklärbar. Durch die Verhältnisse, unter welchen die Versteinerung organischer Reste vor sich geht, ist sie mit Nothwendigkeit bedingt. Zum Theil erklärt sie sich auch aus unserer unvollkommenen Kenntniss dieses Gebietes. Sie müssen bedenken, dass die grosse Mehrzahl aller geschichteten Gesteine, welche die Gebirgsmassen unserer Erdrinde zusammensetzen, uns noch gar nicht erschlossen ist. Von den zahllosen Versteinerungen, welche in den ungeheuren Gebirgsketten von Asien und Afrika verborgen sind, kennen wir erst kleine Proben. Nur ein Theil von Europa und Nord-Amerika ist genauer erforscht. Die Gesammtsumme der in unseren Sammlungen vorhandenen und uns genau bekannten Versteinerungen entspricht gewiss noch nicht dem hundertsten Theile der Versteinerungen, die wirklich in unserer Erdrinde existiren. Wir können hier also in Zukunft noch eine reiche Ernte von wichtigen Aufschlüssen erwarten. Aber trotzdem wird unsere paläontologische Schöpfungs-Urkunde (aus Gründen, welche ich im XV. Vortrage meiner „natürlichen Schöpfungsgeschichte" ausführlich erörtert habe) immer höchst unvollständig bleiben.

Nicht weniger unvollständig ist die zweite, höchst wichtige Schöpfungs-Urkunde, diejenige der Ontogenie. Für die specielle

Phylogenie ist sie die wichtigste von allen. Dennoch aber hat auch sie ihre grossen Mängel und lässt uns oft ganz im Stich. Hier müssen wir uns abermals in's Gedächtniss rufen, dass die Gesetze der abgekürzten und der gefälschten Vererbung den ursprünglichen Entwickelungsgang vielfach bis zur Unkenntlichkeit verdecken. Nur in seltenen Fällen ist die Recapitulation der Phylogenie durch die Ontogenie ziemlich vollständig. Meistens sind gerade die frühesten und wichtigsten Stadien der Keimesgeschichte stark abgekürzt und zusammengezogen. Die jugendlichen Entwickelungsformen haben sich selbst vielfach neuen Verhältnissen angepasst und sind dadurch verändert worden. Der Kampf um's Dasein hat auf die verschiedenen, frei lebenden und noch unentwickelten Jugendformen ebenso mächtig umbildend eingewirkt, wie auf die entwickelten und reifen Formen. Daher liegt namentlich in der Ontogenese der höheren Thierformen heutzutage nur noch ein ganz verwischtes und vielfach gefälschtes Bild der ursprünglichen Entwickelungsweise ihrer Vorfahren vor uns. Nur mit grosser Vorsicht und Kritik dürfen wir aus ihrer Keimesgeschichte direct auf ihre Stammesgeschichte schliessen. Ausserdem ist uns auch die Keimesgeschichte selbst erst bei sehr wenigen Arten bis jetzt näher bekannt.

Endlich ist auch leider die höchst wichtige Schöpfungsurkunde der vergleichenden Anatomie sehr unvollständig, und zwar aus dem einfachen Grunde, weil überhaupt die sämmtlichen gegenwärtig lebenden Thierarten nur einen sehr kleinen Bruchtheil von der ganzen Masse verschiedener Thierformen bilden, welche von Anbeginn der organischen Erdgeschichte bis zur Gegenwart gelebt haben. Die Gesammtzahl dieser letzteren können wir sicher auf mehrere Millionen schätzen. Die Zahl derjenigen Thiere, deren Organisation die vergleichende Anatomie heute bereits genauer erforscht hat, ist im Verhältniss dazu sehr gering. Auch hier wird uns die ausgedehntere Forschung der Zukunft noch ungeahnte Schätze öffnen.

Angesichts dieser offenkundigen Unvollständigkeit unserer wichtigsten Schöpfungsurkunden müssen wir uns natürlich wohl hüten, bei der jetzt zu untersuchenden Phylogenie des Menschen zu grosses Gewicht auf einzelne bekannte Thierformen zu legen und alle in Betracht zu ziehenden Entwickelungsstufen mit gleicher Sicherheit als Stammformen zu betrachten. Vielmehr werden wir bei hypothetischer Aufstellung unserer Ahnenreihe stets wohl zu berücksichtigen

haben, dass die einzelnen hypothetischen Stammformen unter sich einen sehr verschiedenen Werth bezüglich der Sicherheit unserer Erkenntniss besitzen. Sie werden schon aus dem Wenigen, was wir gelegentlich der Ontogenesis über die entsprechenden phylogenetischen Formen bemerkten, entnommen haben, dass einige dieser Formen ausserordentlich bedeutsam sind, und dass einige ontogenetische Formzustände ganz sicher phylogenetisch gedeutet werden können. Als den ersten und wichtigsten Formzustand dieser Art haben wir die menschliche Eizelle kennen gelernt. Aus der schwerwiegenden Thatsache, dass das Ei des Menschen gleich dem Ei aller anderen Thiere eine einfache Zelle ist, lässt sich mit grösster Sicherheit der bedeutungsvolle Schluss ziehen, dass eine einzellige Stammform existirt hat, aus welcher sich alle vielzelligen Thiere mit Inbegriff des Menschen entwickelt haben. Ein zweiter ausserordentlich wichtiger Formzustand der Keimesgeschichte, welcher ganz sicher und direct auf die Stammesgeschichte bezogen werden kann, ist die Gastrula. Diese höchst interessante Larvenform zeigt uns bereits den Thierleib aus zwei Keimblättern zusammengesetzt und schon mit dem fundamentalen Primitivorgan, dem Darmcanal, ausgerüstet. Da nun der gleiche zweiblättrige Keimzustand mit der primitiven Anlage des Darmcanals bei allen verschiedenen Thierstämmen (mit einziger Ausnahme der Urthiere) allgemein verbreitet ist, so können wir daraus wohl sicher auf eine gemeinsame Stammform der ersteren schliessen, welche der Gastrula gleich gebildet war, Gastraea. Nicht minder bedeutungsvoll für unsere Phylogenie des Menschen sind die höchst wichtigen ontogenetischen Formzustände desselben, welche gewissen Würmern, Schädellosen, Fischen u. s. w. entsprechen. Auf der anderen Seite existiren freilich zwischen diesen ganz sicheren und höchst werthvollen phylogenetischen Anhaltspunkten, auf die wir immer zurückkommen werden, grosse und bedauerliche Lücken der Erkenntniss, die aus den schon genannten Gründen sich hinreichend erklären, insbesondere aus der Unvollständigkeit der Paläontologie, der vergleichenden Anatomie und der Ontogenie.

Bei den ersten Versuchen, welche ich in meiner „generellen Morphologie“ und „natürlichen Schöpfungsgeschichte“ zur Construction der menschlichen Ahnenreihe unternahm, habe ich anfänglich zehn, später 22 verschiedene Thierformen an einander gereiht, welche mit mehr oder weniger Sicherheit als thierische Vorfahren des Menschen-

geschlechts betrachtet werden können, und welche in der langen Entwickelungsreihe vom einzelligen Organismus bis zum Menschen hinauf gewissermaassen als die bedeutendsten Hauptabschnitte der Entwickelung anzusehen sind[79]). Von diesen 20—22 Thierformen kommen etwa acht auf die ältere Abtheilung der wirbellosen Thiere, während 12—14 auf die jüngere Abtheilung der Wirbelthiere fallen. Wie sich diese 22 wichtigsten Stammformen unserer Vorfahren-Kette ungefähr auf die fünf Hauptabschnitte der organischen Erdgeschichte vertheilen, zeigt Ihnen die nachstehende elfte Tabelle (S. 378). Darnach kommt mindestens die Hälfte von jenen 22 Entwickelungsstufen (nämlich die 11 ältesten Ahnen) auf das archolithische Zeitalter; auf jenen ersten Hauptabschnitt der organischen Erdgeschichte, welcher die grössere Hälfte derselben einnimmt, und während dessen wahrscheinlich bloss wasserbewohnende Organismen existirten. Die 11 übrigen Stammformen kommen auf die vier übrigen Hauptabschnitte, und zwar drei auf das paläolithische, drei auf das mesolithische, vier auf das caenolithische Zeitalter. In dem letzten, dem anthropolithischen Zeitalter existirt bereits der Mensch.

Wenn wir nun jetzt den schwierigen Versuch unternehmen, den phylogenetischen Entwickelungsgang dieser 22 menschlichen Ahnenstufen von Anbeginn des Lebens an zu ergründen, und wenn wir es wagen, den dunklen Schleier zu lüften, der die ältesten Geheimnisse der organischen Erdgeschichte bedeckt, so müssen wir zweifellos den ersten Anfang des Lebens unter denjenigen wunderbaren Lebewesen suchen, die wir unter dem Namen „Moneren" schon mehrfach als die einfachsten uns bekannten Organismen hervorgehoben haben. Sie sind zugleich die einfachsten Organismen, die wir uns denken können. Denn ihr ganzer Körper besteht in vollkommen ausgebildetem und frei beweglichem Zustande lediglich aus einem Stückchen von structurlosem „Urschleim" oder Plasson, aus einem kleinen Fragmente jener ungemein wichtigen stickstoffhaltigen Kohlenstoffverbindung, welche jetzt allgemein als das wichtigste materielle Substrat aller activen Lebenserscheinungen gilt. Die Erfahrungen namentlich der letzten zehn Jahre haben uns mit wachsender Sicherheit zu der Ueberzeugung geführt, dass überall, wo ein Naturkörper die activen Lebenserscheinungen der Ernährung, der Fortpflanzung, der willkürlichen Bewegung und der Empfindung zeigt, immer eine stickstoffhaltige Kohlenstoffverbindung aus der chemischen

Elfte Tabelle.

Uebersicht über die wichtigsten Stufen in der thierischen Ahnen-Reihe des Menschen.

MN = Grenze zwischen den wirbellosen Ahnen und den Wirbelthier-Ahnen.

Zeitalter der organischen Erdgeschichte	Geologische Perioden der organischen Erdgeschichte	Thierische Ahnenstufen des Menschen	Lebende nächste Verwandte der Ahnenstufen
I. Archelithische oder Primordial-Zeit	1. Laurentische Periode 2. Cambrische Periode 3. Silurische Periode	1. Moneren (*Monera*)	Bathybius Protamoeba
		2. Aelteste Amoeben	Einfache Amoeben (*Autamoebae*)
		3. Amoebengemeinden (*Synamoebia*)	Cystophrys Labyrinthula
		4. Flimmerschwärmer (*Planaeada*)	Planula-Larven
		5. Urdarmthiere (*Gastraeada*)	Gastrula-Larven
		6. Urwürmer (*Archelminthes*)	Strudelwürmer (*Turbellaria*)
		7. Weichwürmer (*Scolecida*)	? zwischen den Strudelwürmern und Seescheiden
		8. Chordathiere (*Chordonia*)	Seescheiden (*Ascidiae*)
		M - - - - - - - - - - - - - -	- - - - - - - - - - - - - - N
		9. Schädellose (*Acrania*)	Lanzetthiere (*Amphioxi*)
		10. Unpaarnasen (*Monorhina*)	Lampreten (*Petromyzontes*)
		11. Urfische (*Selachii*)	Haifische (*Squalacei*)
II. Palaeolithische oder Primär-Zeit	4. Devon-Periode 5. Steinkohlen-Periode 6. Permische Periode	12. Lurchfische (*Dipneusta*)	Molchfische (*Protoptera*)
		13. Kiemenlurche (*Sozobranchia*)	Olm (*Proteus*) Axolotl (*Siredon*)
		14. Schwanzlurche (*Sozura*)	Wassermolch (*Triton*) Salamander
III. Mesolithische oder Secundär-Zeit	7. Trias-Periode 8. Jura-Periode 9. Kreide-Periode	15. Uramnioten (*Protamnia*)	? zwischen den Schwanzlurchen und Schnabelthieren
		16. Ursäuger (*Promammalia*)	Schnabelthiere (*Monotrema*)
		17. Beutelthiere (*Marsupialia*)	Beutelratten (*Didelphyes*)
IV. Caenolithische oder Tertiär-Zeit	10. Eocaen-Periode 11. Miocaen-Periode 12. Pliocaen-Periode	18. Halbaffen (*Prosimiae*)	Lori (*Stenops*) Maki (*Lemur*)
		19. Geschwänzte Catarhinen	Nasenaffen, Schlankaffen
		20. Menschenaffen oder schwanzlose Catarhinen	Gorilla. Schimpanse, Orang, Gibbon
		21. Sprachlose Menschen oder Affenmenschen	Taubstumme, Kretinen und Microcephalen
V. Quartär-Zeit	13. Diluvial-Periode 14. Alluvial-Periode	22. Sprechende Menschen	Australier und Papuas

Gruppe der Eiweisskörper thätig ist, und das materielle Substrat darstellt, durch welches diese Lebensthätigkeiten vermittelt werden. Mag man sich nun in monistischem Sinne die Function unmittelbar als die Wirkung des geformten materiellen Substrates vorstellen, oder mag man „Stoff und Kraft" in dualistischem Sinne als getrennte Dinge betrachten, so viel steht fest, dass wir keinen lebendigen Organismus bis jetzt beobachtet haben, in welchem nicht die Ausübung der Lebensthätigkeiten an die Anwesenheit eines Plasson-Körpers unabänderlich geknüpft wäre. Bei den Moneren aber, den einfachsten Organismen, die wir uns denken können, besteht eben der ganze Körper einzig und allein aus Plasson, entsprechend dem „Urschleim" der älteren Naturphilosophie.

Man pflegt gewöhnlich die weiche schleimartige Plasson-Substanz des Moneren-Körpers als „*Protoplasma*" zu bezeichnen und demnach mit der Zellsubstanz der gewöhnlichen Thier- und Pflanzenzellen zu identificiren. Wie jedoch zuerst Eduard van Beneden in seiner trefflichen Arbeit über die Gregarinen klar hervorgehoben hat, müssen wir streng genommen zwischen dem Plasson der Cytoden und dem Protoplasma der Zellen wohl unterscheiden, und diese Unterscheidung ist für die Entwickelungsgeschichte von principieller Bedeutung. Wie schon früher gelegentlich erwähnt wurde, müssen wir zwei verschiedene Entwickelungsstufen unter jenen „Elementar-Organismen" annehmen, welche als Bildnerinnen oder Plastiden die organische Individualität der ersten Ordnung darstellen. Die ältere und niedere Stufe sind die Cytoden, deren ganzer Körper bloss aus einerlei eiweissartiger Substanz besteht, aus einfachstem Plasson oder „Bildungsstoff". Die jüngere und höhere Stufe sind die Zellen, bei denen bereits eine Sonderung oder Differenzirung des ursprünglichen Plasson in zweierlei verschiedene eiweissartige Substanzen eingetreten ist, in den inneren Zellkern (*Nucleus*) und den äusseren Zellstoff (*Protoplasma*).

Die Moneren sind einfachste permanente Cytoden. Ihr ganzer Körper besteht bloss aus weichem, structurlosem Plasson. Wenn wir denselben noch so genau mit Hülfe unserer feinsten chemischen Reagentien und unserer schärfsten optischen Hülfsmittel untersuchen, so finden wir doch alle Theile desselben vollkommen gleichartig. Es sind daher diese Moneren im eigentlichsten Sinne des Wortes „Organismen ohne Organe"; ja, im strengeren philo-

sophischen Sinne dürfte man sie eigentlich nicht mehr „Organismen“ nennen, weil sie eben keine Organe besitzen, weil sie nicht aus verschiedenartigen Theilchen zusammengesetzt sind. Sie können nur insofern noch Organismen genannt werden, als sie die organischen Lebenserscheinungen der Ernährung und Fortpflanzung, der Empfindung und Bewegung zu vollziehen im Stande sind. Wollten wir versuchen, *a priori* einen denkbar einfachsten Organismus zu construiren, so würden wir immer auf ein solches Moner zurückkommen müssen.

Obgleich nun bei allen echten Moneren der Körper wirklich nur aus einem solchen lebendigen Plasson-Stückchen besteht, so haben wir dennoch unter den verschiedenen Moneren, die wir theils im Meere, theils im süssen Wasser beobachtet haben, mehrere Gattungen und Arten unterscheiden können, und zwar nach der verschiedenen Art und Weise, in welcher sich diese Körperchen bewegen und fortpflanzen. Bezüglich der Bewegungsformen finden sich beträchtliche Unterschiede vor. Bei einigen Moneren, wie namentlich bei der *Protamoeba* (Fig. 101), bildet der formlose Körper während seiner Bewegung immer nur wenige, kurze und stumpfe Fortsätze, welche fingerartig vortreten, ihre Gestalt und Grösse langsam ändern, sich aber nicht verästeln. Bei anderen Moneren hingegen (z. B. *Protomyxa*, *Myxastrum*) treten aus der Oberfläche des beweglichen Körperchens sehr zahlreiche, lange und feine, meist fadenförmige Fortsätze hervor, welche sich unregelmässig verästeln, mit ihren frei beweglichen Enden verschlingen und netzartig zusammenfliessen. Auf dem tiefsten Meeresgrunde kriechen ungeheure Massen solcher veränderlicher Schleimnetze umher (*Bathybius*, Fig. 102). Innerhalb dieser weichen schleimartigen Protoplasma-Netze gehen

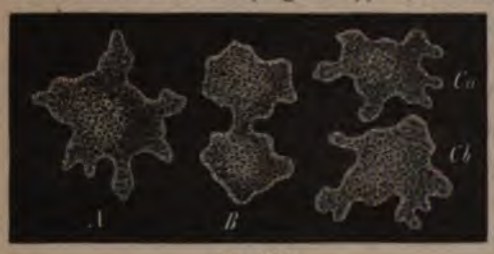


Fig. 101.

Fig. 101. Ein Moner (Protamoeba) in der Fortpflanzung begriffen. *A*. Das ganze Moner, welches nach Art einer gewöhnlichen Amoebe sich mittelst veränderlicher Fortsätze bewegt. *B*. Dasselbe zerfällt durch eine mittlere Einschnürung in zwei Hälften. *C*. Jede der beiden Hälften hat sich von der anderen getrennt und stellt nun ein selbstständiges Individuum dar. (Stark vergrössert.)

fortwährend langsame Strömungen vor sich. Wenn wir ein solches Moner mit einem fein pulverisirten Farbstoffe (z. B. Karmin- oder Indigo-Pulver) füttern, indem wir in dem Wassertropfen, in welchem sich das Moner unter dem Mikroskope befindet, dergleichen Pulver zertheilen, so sehen wir, wie die Farbstoffkörnchen zunächst an der Oberfläche des schleimigen Körpers haften bleiben, wie sie dann in das Innere desselben allmählich eindringen und dort in ganz unregelmässiger Weise umhergetrieben werden. Die einzelnen kleinsten Theilchen oder Moleküle des Moneren-Leibes verschieben sich an einander, verändern ihre gegenseitige Lage und bewirken dadurch auch eine Ortsveränderung der aufgenommenen Farbstofftheilchen. Diese Ortsveränderung zeigt uns zugleich positiv, dass hier nicht etwa eine uns noch verborgene feinere Structur vorhanden ist. Man könnte nämlich einwerfen, dass die Moneren in Wahrheit nicht structurlos seien, sondern nur eine so feine Organisation besässen, dass sie wegen der unzureichenden Stärke unserer Vergrösserungsgläser nicht wahrnehmbar sei. Dieser Einwand ist aber deshalb nicht stichhaltig, weil wir in jedem Augenblicke vermöge jener Fütterungs-Versuche das Eindringen fremder geformter Körperchen in die verschiedenen Theile des Moneren-Körpers und ihre völlig regellose Verschiebung in allen Theilen desselben nachweisen können. Ausserdem nehmen wir zugleich wahr, dass die unbeständigen Fadennetze, welche durch Verästelung der Protoplasma-Fäden und Verschmelzung der zusammenfliessenden Aeste gebildet werden, in jedem Augenblicke ihre Configuration ändern; gerade so wie wir es auch im Innern von Pflanzenzellen schon längst von den Fadennetzen des Protoplasma wissen. Die Moneren sind also in Wahrheit homogen und structurlos; jeder Theil ihres Körpers ist dem anderen gleich. Jeder Theil kann Nahrung aufnehmen und verdauen, jeder Theil ist reizbar und empfindlich; jeder Theil kann sich selbstständig bewegen; und jeder Theil ist endlich auch der Fortpflanzung und Regeneration fähig.

Die Fortpflanzung der Moneren geschieht stets nur auf ungeschlechtlichem Wege. Bei der Protamoeba (Fig. 101) zerfällt jedes Individuum, nachdem es durch Wachsthum eine gewisse Grösse erreicht hat, einfach in zwei Stücke. In der Mitte des Körpers entsteht eine Einschnürung, ähnlich wie bei der Zellentheilung. Die Brücke zwischen beiden Hälften wird immer dünner (Fig. 101 *B*)

und reisst endlich mitten durch. So sind auf die einfachste Weise durch Selbsttheilung aus einem einfachsten Individuum zwei neue Individuen hervorgegangen (Fig. 101 *C*). Andere Moneren ziehen sich, nachdem sie zu einer gewissen Grösse herangewachsen sind, in Kugelform zusammen. Der kugelige Protoplasma-Körper schwitzt eine gallertartige schützende Hülle aus und innerhalb dieser Hülle geht nun ein Zerfall der ganzen Protoplasma-Kugel, entweder in vier Stücke (*Vampyrella*) oder in eine grosse Anzahl von kleineren Kügelchen vor sich (*Protomonas*, *Protomyxa*; vergl. Taf. I der V. Aufl. der Natürlichen Schöpfungsgeschichte). Nach einiger Zeit fangen diese Kügelchen an sich zu bewegen, sprengen durch ihre Bewegung die Hülle und treten heraus, indem sie sich mittelst eines einzigen, langen, dünnen, fadenförmigen Fortsatzes schwimmend umherbewegen. Jedes Stückchen geht durch einfaches Wachsthum wiederum in die reife Form über. So kann man einerseits nach der Form der verschiedenen Fortsätze des Körpers, anderseits nach der verschiedenen Art und Weise der Fortpflanzung, verschiedene Gattungen und Arten von Moneren unterscheiden. In dem Nachtrage zu meiner Monographie der Moneren habe ich 8 Genera und 16 Species aufgezählt (Biolog. Studien, Heft I, p. 182). Das merkwürdigste von allen Moneren ist wohl der schon erwähnte *Bathybius*, welchen HUXLEY 1868 entdeckt hat (Fig. 102). Dieses wunderbare Moner lebt in den tiefsten Abgründen des Meeres, besonders im atlantischen Ocean, und bedeckt den ganzen Meeresboden stellenweise in solchen Massen, dass der feine Schlamm desselben zum grossen Theile aus lebendigem Schleim besteht. Das Protoplasma erscheint in diesen formlosen Netzen noch gar nicht individualisirt; jedes Stückchen kann Individuum sein[80]).



Fig. 102.

Fig. 102. Bathybius Haeckelii. Ein kleines Stückchen von dem formlosen und ewig seine Gestalt wechselnden Plasson-Netze dieses Moneres; aus dem atlantischen Ocean.

Die Entstehung und Bedeutung dieser ungeheuren Massen von lebendigen formlosen Plasson-Körpern in jenen tiefsten Meeresabgründen regt zu vielerlei Fragen und Gedanken an. Natürlich liegt es sehr nahe, gerade hier beim Bathybius an Urzeugung zu denken. Dass für die Entstehung der ersten Moneren auf unserem Erdkörper die Annahme der Urzeugung eine nothwendige Hypothese ist, haben wir bereits früher erörtert; ich will hier nur nochmals darauf aufmerksam machen, dass, wenn Sie für diese ersten Anfänge des Lebens die Urzeugungs-Hypothese verwerfen, Sie die Causalität der Naturvorgänge an diesem einen Punkte leugnen müssen. Sie sind dann genöthigt, für die Entstehung der ältesten Moneren einen übernatürlichen Schöpfungsakt anzunehmen; und es würde hier der einzige Fall vorliegen, in welchem das Causalgesetz seine allgemeine Geltung verlöre und durch ein unbekanntes Wunder ersetzt würde. Ehe wir uns aber zu einem solchen Wunderglauben entschliessen, und damit die sonst geschlossene Kette der Naturgesetze durchbrechen, ist es unzweifelhaft gerathener, die Hypothese der Urzeugung in dem früher bereits erörterten beschränkten Sinne zuzulassen. Wir werden dieselbe hier mit um so grösserem Rechte vertheidigen, als wir jetzt in den Moneren diejenigen einfachsten Organismen kennen gelernt haben, deren Entstehung durch Urzeugung beim heutigen Zustande unserer Wissenschaft keine principiellen Schwierigkeiten mehr darbietet [51]. Denn die Moneren stehen in der That vollkommen auf der Grenze zwischen organischen und anorganischen Naturkörpern.

An die einfache Cytodenform der Moneren schliest sich als zweite Ahnenstufe im Stammbaum des Menschen (und ebenso aller übrigen Thiere) zunächst die einfache Zelle an, und zwar jene indifferenteste Zellenform, welche als Amoebe noch heutzutage ihr selbstständiges Einzelleben führt. Denn der erste und älteste organische Differenzirungsprocess, welcher den homogenen und structurlosen Plasson-Leib der Moneren betraf, führte die Sonderung desselben in zwei verschiedene Substanzen herbei: in eine innere festere Substanz, den Kern oder *Nucleus;* und eine äussere, weichere Substanz, den Zellstoff oder das *Protoplasma*. Durch diesen ausserordentlich wichtigen Scheidungs-Process, durch die Differenzirung des Plasson in Nucleus und Protoplasma, entstand aus der structurlosen Cytode die organisirte Zelle, aus der kernlosen Plastide die kernhaltige Plastide. Dass die ersten Zellen, welche auf un-

serem Erdball erschienen, in dieser Weise durch Differenzirung aus den Moneren entstanden, ist eine Vorstellung, welche für uns bei dem heutigen Zustand unserer histologischen Kenntnisse vollkommen gesichert erscheint. Denn wir können diesen ältesten histologischen Differenzirungs-Process noch heutzutage unmittelbar in der Ontogenese beobachten. Sie erinnern sich, dass wir als den ersten Vorgang, welcher nach geschehener Befruchtung der Eizelle bemerkbar wird, das spurlose Verschwinden des Eizellen-Kernes oder des sogenannten „Keimbläschens" hervorhoben. (Vergl. den achten Vortrag, S. 141, 142.) Wir deuteten damals diese merkwürdige Erscheinung dahin, dass in Folge der Befruchtung die kernhaltige Eizelle zunächst einen Rückschlag erleidet, und nach dem Gesetze der latenten Vererbung (des Rückschlages oder Atavismus) in eine weit zurückliegende niedere Entwickelungsstufe zurückfällt. Aus der Eizelle wird zunächst wieder eine Ei-Cytode, während ursprünglich umgekehrt zuerst die Cytode sich zur Zelle entwickelte. Dem entsprechend bildet sich auch in der kernlosen Eizelle alsbald wieder ein neuer Kern. Da nun nach unserer Ansicht dieser rasch vorübergehende kernlose Zustand der Eizelle dem urspünglichen phylogenetischen Urzustande des Moneres entspricht, nannten wir denselben „*Monerula*" (S. 143).

Wir haben damals die feinere Structur und die ausserordentlich hohe phylogenetische Bedeutung der Eizelle selbst ausführlich besprochen, so dass wir hier kurz darüber hinweggehen können. Auch haben wir damals bereits diejenige bestimmte, noch jetzt lebende, einzellige Organismenform kennen gelernt, die wir noch heute gewissermaassen als eine selbstständig fortlebende Eizelle betrachten können, die Amoebe. Denn die Amoebe, wie sie noch heute weit verbreitet in den süssen und salzigen Gewässern unseres Erdballes selbstständig lebt, ist als das indifferenteste und ursprünglichste unter den mancherlei einzelligen Urthieren zu betrachten. Da nun die unreifen ursprünglichen Eizellen (wie sie sich als „Ur-Eier" oder *Protova* im Eierstock der meisten Thiere finden) von gewöhnlichen Amoeben gar nicht zu unterscheiden sind, so durften wir gerade die Amoebe als diejenige phylogenetische einzellige Stammform bezeichnen, welche durch den ontogenetischen Urzustand der „amoeboiden Eizelle" noch heute nach dem biogenetischen Grundgesetze wiederholt wird. Als Beweis der auffallenden Uebereinstimmung beider Zellen wurde

zugleich gelegentlich angeführt, dass man bei manchen Schwämmen oder Spongien früher die wirklichen Eier dieser Thiere als parasitische Amoeben beschrieben hat. Man fand im Inneren des Schwamm-Körpers grosse einzellige Organismen nach Art der Amoeben umherkriechend und hielt sie für Schmarotzer desselben. Erst nachher entdeckte man, dass die „parasitischen Amoeben" (Fig. 104) die wahren Eier der Schwämme sind, und dass sich aus ihnen die jungen Schwamm-Individuen entwickeln. In der That sind aber diese Eizellen der Spongien den wahren gewöhnlichen Amoeben (Fig. 103) in Grösse und Habitus, Beschaffenheit des Kernes und charakteristischer Bewegungsform der beständig wechselnden Scheinfüsse oder Pseudopodien so ähnlich, dass man beide ohne Kenntniss ihrer Herkunft unmöglich unterscheiden kann.

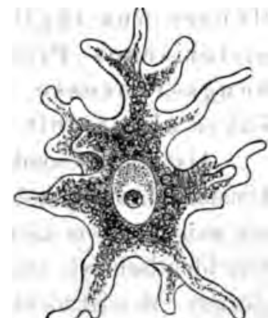


Fig. 103.

Unsere phylogenetische Deutung der Eizelle und ihre Zurückführung auf die uralte Ahnenform der Amoebe führt uns zugleich zur definitiven Lösung des alten scherzhaften Räthselwortes: Ob das Ei früher da war oder das Huhn? Wir können jetzt dieses Sphinx-Räthsel, mit welchem unsere Gegner oft meinen, die Entwickelungs-Theorie in die Enge zu treiben oder gar zum Widerruf zu zwingen, ganz einfach dahin beantworten: Das Ei war viel früher da als das Huhn. Freilich war aber das Ei ursprünglich nicht als Vogel-Ei da, sondern als indifferente amoeboide Zelle in der allge-

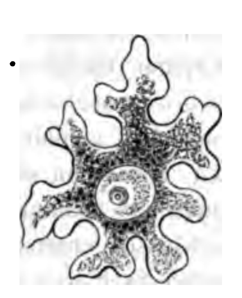


Fig. 104.

Fig. 103. Eine kriechende Amoebe (stark vergrössert). Der ganze Organismus hat den Formenwerth einer einfachen nackten Zelle und bewegt sich mittelst der veränderlichen Fortsätze umher, welche von ihrem Protoplasma-Körper ausgestreckt und wieder eingezogen werden. Im Inneren desselben ist der helle rundliche Zellkern oder Nucleus verborgen, der einen dunkeln Nucleolus umschliesst.

Fig. 104. Eizelle eines Kalkschwammes (Olynthus). Die Eizelle bewegt sich kriechend im Körper des Schwammes umher, indem sie formwechselnde Fortsätze ausstreckt, wie eine gewöhnliche Amoebe.

meinsten und einfachsten Form. Das Ei lebte Jahrtausende lang selbstständig als einfachster einzelliger Organismus, als Amoebe. Erst nachdem die Nachkommenschaft dieser einzelligen Urthiere sich zu vielzelligen Thierformen entwickelt, und nachdem diese sich geschlechtlich differenzirt hatten, erst dann entstand aus der amoeboiden Zelle das Ei in dem heutigen physiologischen Sinne des Wortes. Auch dann war das Ei zuerst Gastraea-Ei, darauf Wurm-Ei, später Acranier-Ei, dann Fisch-Ei, Amphibien-Ei, Reptilien-Ei und zuletzt erst Vogel-Ei. Das heutige Vogel-Ei also, wie es unsere Hühner uns täglich legen, ist ein höchst complicirtes historisches Product, das Resultat zahlloser Vererbungs-Processe, welche sich im Laufe vieler Millionen Jahre abgespielt haben[82]).

Als eine besonders wichtige Erscheinung ist schon früher der Umstand hervorgehoben worden, dass die ursprüngliche Eiform, wie sie sich zuerst im Eierstock der verschiedensten Thiere zeigt, überall fast identisch ist, eine indifferente Zelle von einfachster amoeboider Gestalt. Man ist nicht im Stande, in diesem ersten, frühesten Jugendzustande, unmittelbar nachdem die individuelle Eizelle durch Theilung mütterlicher Eierstockszellen entstanden ist, irgend welche Unterschiede derselben bei den verschiedensten Thieren wahrzunehmen. Erst später, nachdem die ursprünglichen Eizellen oder die Ur-Eier (*Protova*) verschiedenartigen Nahrungsdotter aufgenommen, sich mit mannichfach gebildeten Hüllen umgeben und anderweitig differenzirt haben, erst wenn sie dergestalt sich in Nach-Eier (*Metova*) verwandelt haben, kann man sie meistens leicht bei den verschiedenen Thierklassen unterscheiden. Diese Eigenthümlichkeiten der ausgebildeten Nach-Eier oder der reifen und befruchtungsfähigen Eier sind aber natürlich nur als secundäre Erwerbungen, durch Anpassung an die verschiedenen Existenzbedingungen des Eies selbst und des eibildenden Thieres entstanden, anzusehen.

Die beiden ersten und ältesten Ahnen-Formen unseres Geschlechts, welche wir jetzt betrachtet haben, das Moner und die Amoebe, sind von morphologischem Gesichtspunkte aus betrachtet: einfache Organismen oder Individuen erster Ordnung, Plastiden. Alle folgenden Stufen unserer Vorfahren-Kette hingegen sind zusammengesetzte Organismen oder Individuen höherer Ordnung; sociale Verbände einer Mehrzahl von Zellen. Die ältesten von diesen, die wir unter

dem Namen der Synamoebien als dritte Stufe unseres Stammbaumes aufführen müssen, sind ganz einfache Gesellschaften von lauter gleichartigen indifferenten Zellen: Amoeben-Gemeinden. Um über ihre Natur und Entstehung Gewissheit zu erhalten, brauchen wir bloss die ersten ontogenetischen Producte der befruchteten Eizelle Schritt für Schritt zu verfolgen. Nachdem das Keimbläschen in der befruchteten Eizelle verschwunden und ein neugebildeter Kern an dessen Stelle getreten ist, zerfällt die Eizelle durch den einfachen Vermehrungs-Process der Theilung in zwei Zellen. Aus diesen entstehen durch fortgesetzte Theilung vier, acht, sechzehn, 32, 64 Zellen u. s. w. (vergl. Fig. 15, 16, S. 144). Das Endresultat dieser „totalen Furchung" war, wie Sie sich erinnern werden, die Bildung eines kugeligen Zellenhaufens, der aus lauter gleichartigen, indifferenten Zellen von einfachster Beschaffenheit zusammengesetzt war (Fig. 16 *D*. Fig. 105). Wegen der Aehnlichkeit, welche diese kugelig zusammengeballte Zellenmasse mit einer Maulbeere oder Brombeere darbietet, nannten wir dieselbe „Maulbeerdotter" oder *Morula*. Bei den niedersten Pflanzenthieren und Würmern (Fig. 17, S. 145), bei der Ascidie und beim Amphioxus (Taf. VII), wie bei den Säugethieren (Fig. 16), und bei allen übrigen Thieren, deren Eier regelmässige pertotale Furchung erleiden (S. 166), geht dieser Maulbeerdotter in derselben Form als Endproduct aus dem Furchungs-Process hervor.



Fig. 105.

Offenbar führt uns diese Morula noch heute denselben einfachsten Urzustand des vielzelligen Thierkörpers vor Augen, der sich in früher laurentischer Urzeit zuerst aus der einzelligen amoeboiden Urthierform hervorbildete. Die Morula wiederholt nach dem biogenetischen Grundgesetze die Ahnenform des Synamoebium. Denn die ersten Zellengemeinden, welche sich damals bildeten, und welche die erste Grundlage zum höheren vielzelligen Thierkörper legten, werden aus lauter gleichartigen und ganz einfachen amoeboiden Zellen bestanden haben. Die ältesten Amoeben lebten als Einsiedler isolirt für sich, und auch die amoeboiden Zellen, welche

Fig. 105. Morula oder Maulbeerdotter eines Kalkschwammes (Olynthus), Product der pertotalen Furchung.

durch Theilung aus diesen ersten einzelligen Organismen entstanden, werden noch lange Zeit hindurch isolirt auf eigene Hand gelebt haben und Einsiedler geblieben sein. Allmählich aber entstanden neben diesen einzelligen Urthieren kleine Amoeben-Gemeinden, indem die durch Theilung entstandenen Geschwister-Zellen vereinigt blieben. Die Vortheile, welche diese ersten Zellen-Gesellschaften im Kampfe um's Dasein vor den einsam lebenden Einsiedler-Zellen voraus hatten, werden ihre Fortbildung begünstigt und sie zu weiterer Entwickelung angeregt haben. Aber selbst heute noch leben im Meere und im süssen Wasser einzelne Urthier-Gattungen, welche uns solche primitive Zellen-Gemeinden in ihrer einfachsten Gestalt permanent vorführen. Solche sind z. B. mehrere von ARCHER beschriebene *Cystophrys*-Arten und die von CIENKOWSKI entdeckten Labyrinthuleen; formlose Haufen von gleichartigen, ganz einfachen und nackten Zellen [83].

Aus der Morula entwickelt sich weiterhin, ebenso bei den Säugethieren wie bei sehr vielen niederen Thieren, derjenige wichtige Keimzustand, welchen zuerst BAER entdeckt und mit dem Namen Keimhautblase oder Keimblase belegt hat (*Vesicula blastodermica* oder *Blastosphaera*, Fig. 106). Dieser Körper bildet eine Hohlkugel, deren Wand aus einer einzigen Zellenlage besteht, während das Innere mit klarer Flüssigkeit gefüllt ist. Dieselbe entsteht aus der Morula dadurch, dass sich eine wässerige Flüssigkeit im Innern des soliden kugeligen Zellenhaufens ansammelt und die aneinandergedrängten Zellen sämmtlich nach der Peripherie des Körpers treibt. Hier bilden die Zellen zuletzt nur eine einzige zusammenhän-



Fig. 106.

Fig. 106. Keimhautblase (*Vesicula blastodermica*) aus dem Fruchtbehälter oder der Gebärmutter eines Kaninchens. Die Furchungskugeln (*b*) bilden eine einfache Schicht von Zellen an der Innenfläche der Eihülle oder des Chorion (*a*). Die Kerne schimmern als helle Punkte aus den Zellen hervor, die durch gegenseitigen Druck sechseckig abgeplattet sind. An einer Stelle (bei *c*) liegt noch ein besonderer Haufen von unveränderten Furchungskugeln (die erste Anlage des Fruchthofes oder der Keimscheibe). Nach BISCHOFF.

gende Schicht, die **Keimhaut** (*Blastoderma*; vergl. S. 147). Dieser wichtige Vorgang ist von fundamentaler Bedeutung. Denn die Verwandlung der Morula in die Keimhautblase erfolgt in ganz gleicher Weise bei sehr zahlreichen Thieren der verschiedensten Stämme; so z. B. bei vielen Pflanzenthieren und Würmern, bei den Ascidien (Taf. VII, Fig. 3), bei vielen Sternthieren und Weichthieren, und auch beim Amphioxus (Taf. VII. Fig. 9), ebenso wie bei den Säugethieren. Bei sehr Vielen von denjenigen Thieren aber, bei denen eine eigentliche Blastosphaera in der Ontogenese fehlt, ist dieser Mangel offenbar nur durch die Ausbildung eines Nahrungsdotters und andere embryonale Anpassungs-Verhältnisse bedingt. Wir dürfen uns daher wohl vorstellen, dass diese ontogenetische Blastosphaera die Wiederholung einer uralten phylogenetischen Ahnenform ist und dass sämmtliche Thiere (mit Ausnahme der niederen Urthiere) von einer gemeinsamen Stammform ihren Ursprung genommen haben, welche im Wesentlichen einer solchen Keimhautblase gleich gebildet war. Bei vielen niederen Thieren, wo sich die Entwickelung der Keimblase nicht innerhalb der Eihüllen, sondern ausserhalb derselben, frei im Wasser vollzieht, ist diese Keimhautblase dadurch frei beweglich, dass jede Zelle derselben mit einem oder mehreren beweglichen, haarförmigen Protoplasma-Fortsätzen versehen ist, mit Flimmerhaaren, Geisseln oder Wimpern. Indem sich diese letzteren schwingend im Wasser hin- und herbewegen, wird der ganze Körper schwimmend umhergetrieben. Man hat diese blasenförmigen Larven, deren Körperwand eine einzige Zellenschicht bildet, und welche mittelst der vereinten Schwingungen ihrer Flimmerhaare rotirend umherschwimmen, schon seit dem Jahre 1847 mit dem Namen *Planula* oder **Flimmerlarve** belegt. Allerdings wird diese Bezeichnung von verschiedenen Zoologen in verschiedenem Sinne gebraucht, und namentlich hat man oft auch die gleich zu besprechende *Gastrula* mit der *Planula* verwechselt. Wir beschränken jedoch hier die Bezeichnung **Planula** auf diejenige sehr verbreitete Larvenform niederer Thiere, welche im Wesentlichen der *Blastosphaera* des Amphioxus und der Säugethiere gleicht und sich nur durch den äusseren Besatz mit Flimmerhaaren unterscheidet.

Noch gegenwärtig leben im Meere sowohl wie im süssen Wasser verschiedene Gattungen von Urthieren, welche im Wesentlichen der

Blastosphaera gleichgebildet sind und gewissermaassen als bleibende oder persistirende Planula-Formen betrachtet werden können: hohle Blasen, deren Wand aus einer einzigen Schicht von flimmernden gleichartigen Zellen gebildet wird. Solche Planaeaden, wie man sie nennen könnte, finden sich unter der bunt gemischten Gesellschaft der Flagellaten, insbesondere der Volvocinen (z. B. *Synura*). Eine andere, sehr interessante Form habe ich im September 1869 auf der Insel Gis-Oe an der norwegischen Küste beobachtet und *Magosphaera planula* genannt (Fig. 107). Der vollkommen ausgebildete Körper derselben stellt eine kugelige Blase dar, deren Wand aus 30—40 wimpernden gleichartigen Zellen zusammengesetzt ist und frei im Meere umherschwimmt. Nach erlangter Reife löst sich die Gesellschaft auf. Jede einzelne Zelle lebt noch eine Zeit lang auf eigene Hand, wächst und verwandelt sich in eine kriechende Amoebe. Diese zieht sich später kugelig zusammen und kapselt sich ein, indem sie eine structurlose Hülle ausschwitzt. Die Zelle hat jetzt ganz das Aussehen eines gewöhnlichen Thier-Eies. Nachdem sie eine Zeit lang in diesem Ruhezustande verharrt hat, zerfällt die Zelle durch fortgesetzte Theilung erst in 2, dann in 4, 8, 16, 32 Zellen. Diese ordnen sich wiederum zu einer kugeligen Blase, strecken Flimmerhaare aus, sprengen die Kapselhülle und schwimmen in derselben Magosphaera-Form umher, von der wir ausgegangen sind. Damit ist der ganze Lebenslauf dieses merkwürdigen Urthieres vollendet [81].



Fig. 107.

Wenn wir nun diese permanenten Planula-Formen einerseits mit der embryonalen Blastosphaera des Menschen und der übrigen Säugethiere (Fig. 106), sowie vieler Embryonen von niederen Thieren, an-

Fig. 107. Die norwegische Flimmerkugel (*Magosphaera planula*), mittelst ihres Flimmerkleides umherschwimmend, von der Oberfläche gesehen.

derseits mit den freischwimmenden, gleichgebildeten Flimmerlarven oder Planula-Zuständen vieler anderen niederen Thiere vergleichen, so werden wir daraus mit Sicherheit auf die frühere Existenz einer uralten und längst ausgestorbenen gemeinsamen Stammform schliessen dürfen, welche im Wesentlichen der Planula gleich gebildet war, und welche wir *Planaea* nennen wollen. Der ganze Körper dieser Planaea bestand in vollkommen ausgebildetem Zustande aus einer einfachen, mit Flüssigkeit oder structurloser Gallerte gefüllten Hohlkugel, deren Wand eine einzige Schicht von gleichartigen, mit Flimmerhaaren bedeckten Zellen bildete. Es werden gewiss viele verschiedene Arten und Gattungen von solchen Planaea-artigen Urthieren existirt und eine besondere Klasse von Protozoen gebildet haben, die wir Flimmerschwärmer (*Planaeada*) nennen können.

Als einen merkwürdigen Beweis des naturphilosophischen Genius, mit welchem unser grosser Carl Ernst Baer in die tiefsten Geheimnisse der thierischen Entwickelungsgeschichte eingedrungen war, will ich hier die Bemerkung einschalten, dass derselbe schon im Jahre 1828 (also zehn Jahre vor Begründung der Zellentheorie!) die phylogenetische Bedeutung der Blastosphaera geahnt und in wahrhaft prophetischer Weise in seiner classischen „Entwickelungsgeschichte der Thiere" hervorgehoben hat (Band I, S. 223). Die betreffende Stelle lautet: „Je weiter wir in der Entwickelung zurückgehen, um desto mehr finden wir auch in sehr verschiedenen Thieren eine Uebereinstimmung. Wir werden hierdurch zu der Frage geführt: ob nicht im Beginne der Entwickelung alle Thiere im Wesentlichen sich gleich sind, und ob nicht für alle eine gemeinschaftliche Urform besteht? — Da der Keim das unausgebildete Thier selbst ist, so kann man nicht ohne Grund behaupten, dass die einfache Blasenform die gemeinschaftliche Grundform ist, aus der sich alle Thiere nicht nur der Idee nach, sondern historisch entwickeln." Dieser letztere Satz hat nicht nur ontogenetische, sondern auch phylogenetische Bedeutung, und ist einer jener wichtigen Sätze, in denen Baer (schon dreissig Jahre vor Darwin!) als verständnissvoller Anhänger der Descendenz-Theorie auftritt. Damals war aber die weite Verbreitung der Blastosphaera bei den verschiedensten Thieren, sowie die Zusammensetzung ihrer Wand aus einer einzigen Zellenschicht noch gar nicht bekannt! Um so mehr müssen wir den genialen Baer be-

wundern, welcher trotz der höchst mangelhaften empirischen Begründung den kühnen Satz aufzustellen wagte: „Beim ersten Auftreten sind vielleicht alle Thiere gleich und nur hohle Kugeln.“

An die uralte Ahnen-Form der *Planaea*, welche demgemäss noch heute durch den *Blastosphaera*-Zustand des menschlichen Keimes wiederholt wird, schliesst sich nun als fünfte Stufe unseres Stammbaumes die zunächst daraus entstandene Gastraea an. Wie Sie bereits wissen, ist gerade diese Ahnenform von ganz eminenter philosophischer Bedeutung. Ihre frühere Existenz wirt sicher bewiesen durch die schon mehrfach von uns besprochene Gastrula, die wir als vorübergehenden Keimzustand in der Ontogenese der verschiedensten Thiere antreffen. Wie Sie sich erinnern, stellt diese *Gastrula* (Fig. 108) einen kugeligen, eiförmigen oder länglich-runden

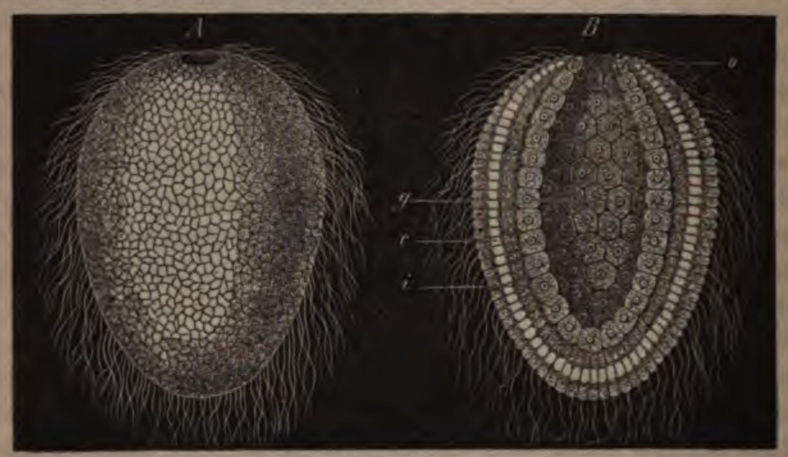


Fig. 108.

einaxigen Körper dar, welcher eine einfache Höhle mit einer Oeffnung (an einem Pole der Axe) besitzt. Das ist die primitive Darmhöhle (Fig. 108 *Bg*) mit ihrer Mundöffnung (*o*). Die Darmwand besteht aus zwei Zellenschichten, welche nichts Anderes sind, als die beiden primären Keimblätter: Das animale Hautblatt (*e*) und das vegetative Darmblatt (*i*). (Vergl. S. 158 und 171.)

Ueber die phylogenetische Entstehung der Gastraea aus der Planaea giebt uns noch heutzutage die ontogenetische Entstehung

Fig. 108. Gastrula eines Kalkschwammes (Olynthus). *A* von aussen, *B* im Längenschnitt durch die Axe. *g* Urdarm. *o* Urmund. *i* Darmblatt oder Entoderm. *e* Hautblatt oder Exoderm.

der Gastrula aus der Blastosphaera Auskunft. Wir haben diese letztere bei der Keimesgeschichte des Amphioxus und der Ascidie bereits kennen gelernt (Taf. VII und S. 322). Es entsteht an einer Seite der kugeligen Keimhautblase eine grubenartige Vertiefung, eine Einstülpung, welche immer tiefer und tiefer wird. Zuletzt geht die Einstülpung so weit, dass der äussere eingestülpte Theil der Keimhaut oder des Blastoderms sich eng an den inneren, nicht eingestülpten Theil derselben anlegt (Taf. VII, Fig. 4, 10). Wenn wir nun an der Hand dieses ontogenetischen Processes uns die phylogenetische Entstehung der *Gastraea*, welche durch die *Gastrula* nach dem biogenetischen Grundgesetze wiederholt wird, vorstellen wollen, so müssen wir uns denken, dass die einschichtige Zellengesellschaft der kugeligen Planaea angefangen hat, an einer Stelle der Oberfläche vorzugsweise Nahrung aufzunehmen. An dieser nutritiven Stelle der Kugel-Oberfläche bildete sich durch natürliche Züchtung allmählich eine grubenartige Vertiefung. Die anfangs ganz flache Grube wurde im Laufe der Zeit immer tiefer. Bald wurde die Funktion der Ernährung, der Nahrungsaufnahme und Verdauung ausschliesslich auf die Zellen beschränkt, welche diese Grube auskleideten, während die übrigen Zellen die Functionen der Ortsbewegung und Bedeckung übernahmen. So entstand die erste Arbeitstheilung zwischen den ursprünglich gleichartigen Zellen der Planaea.

Diese älteste histologische Differenzirung hatte also zunächst nur die Sonderung von zweierlei verschiedenen Zellen-Arten zur Folge: innen in der Grube die ernährenden oder nutritiven Zellen, aussen an der Oberfläche die bewegenden oder locomotiven Zellen. Damit war aber bereits die **Sonderung der beiden primären Keimblätter** gegeben. Die inneren Zellen der Höhlung bildeten das innere oder **vegetative** Blatt, welches die Functionen der Ernährung vollzieht; die äusseren Zellen in der Umhüllung bildeten das äussere oder **animale** Blatt, welches die Functionen der Ortsbewegung und Bedeckung des Körpers ausübt. Dieser erste und älteste Differenzirungs-Process der Zellen ist von so fundamentaler Bedeutung, dass er das eingehendste Nachdenken verdient. Wenn wir bedenken, dass auch der Leib des Menschen mit allen seinen verschiedenen Theilen und ebenso der Leib aller anderen höheren Thiere sich ursprünglich aus jenen beiden einfachen primären Keimblättern aufbaut, so werden wir die phylogenetische Bedeutung der Gastrula

gar nicht hoch genug anschlagen können. Denn mit dem ganz einfachen Urdarm oder der primitiven Darmhöhle der Gastrula und ihre einfachen Mundöffnung (dem „Urmund“) ist zugleich das erste wirkliche Organ des Thierkörpers in morphologischem Sinne gewonnen; das älteste Idorgan, aus welchem sämmtliche übrigen Organe sich erst differenzirt haben. Der ganze Körper der Gastrula ist ja eigentlich nur „Urdarm“.

Nun sind aber die Darmlarven oder Gastrulae der verschiedensten Thiere — der Schwämme, Polypen, Korallen, Medusen, Würmer, Weichthiere, Sternthiere, der Ascidien und des Amphioxus — in allen wesentlichen Eigenschaften so gleich gebildet und unterscheiden sich nur durch so unwesentliche und untergeordnete Eigenthümlichkeiten, dass sie der systematische Zoologe in seinem „natürlichen System“ nur als verschiedene Species eines einzigen Genus aufführen könnte. Da wir nun sehen, dass alle jene höchst verschiedenartigen Thiere sich aus dieser gleichen Keimform ontogenetisch entwickeln, so werden wir nach dem biogenetischen Grundgesetze auch zu dem Schlusse berechtigt sein, dass die verschiedenen Ahnen-Reihen derselben sich aus der gleichen Stammform phylogenetisch entwickelt haben. Diese uralte bedeutungsvolle Stammform ist eben die Gastraea.

Die Gastraea hat jedenfalls schon während der laurentischen Periode im Meere gelebt und sich in ähnlicher Weise mittelst ihres äusseren Flimmerkleides schwimmend im Wasser umhergetummelt, wie das noch heutzutage die frei beweglichen und flimmernden Gastrulae thun. Wahrscheinlich wird sich die uralte und vor vielen Jahr-Millionen ausgestorbene Gastraea nur in einem wesentlichen Punkte von der heute noch lebenden Gastrula unterschieden haben. Aus vergleichend-anatomischen und ontogenetischen Gründen, deren Auseinandersetzung hier zu weit führen würde, können wir nämlich annehmen, dass die Gastraea sich bereits geschlechtlich fortpflanzte und nicht bloss auf ungeschlechtlichem Wege (durch Theilung, Knospenbildung oder Sporenbildung), wie es bei den vier vorhergehenden Ahnenstufen wahrscheinlich allein der Fall war. Vermuthlich bildeten sich einzelne Zellen der primaeren Keimblätter zu Eizellen, andere zu befruchtenden Samenzellen aus (Vergl. den XXV. Vortrag, S. 660). Diese Hypothese stützen wir darauf, dass wir die gleiche einfachste Form der geschlechtlichen Fortpflanzung noch heut-

zutage bei den niedersten Pflanzenthieren antreffen, namentlich bei den einfachsten Schwämmen. Hierher gehören insbesondere die Asconen unter den Kalkschwämmen. Der ganze reife Körper der entwickelten Person stellt hier einen höchst einfachen, cylindrischen oder eiförmigen Schlauch dar, dessen Wand aus zwei Zellenschichten besteht. Die Höhle des Schlauchs ist die Magenhöhle und die obere Oeffnung desselben die Mundöffnung. Die beiden Zellenschichten, welche die Wand des Schlauches bilden, sind die beiden primären Keimblätter (vergl. Fig. 109). Von der Gastrula unterscheiden sich diese einfachsten Schwämme hauptsächlich dadurch, dass sie mit dem einen (der Mundöffnung entgegengesetzten) Körperende am Meeresboden festwachsen, während die erstere frei beweglich ist. Wenn nun diese Schwämme geschlechtsreif werden, so bilden sich einzelne ihrer Entoderm-Zellen zu weiblichen Eizellen, andere zu männlichen Samenzellen aus; die Befruchtung der ersteren durch die letzteren findet unmittelbar in der Magenhöhle statt. Wenn wir aber erwägen, dass zwischen der freischwimmenden Gastrula und diesen festsitzenden einfachsten Schwammformen sonst kein wesentlicher grosser Unterschied besteht, so können wir mit ziemlicher Sicherheit die Voraussetzung machen, dass auch bereits bei der Gastraea die einfachste Form der geschlechtlichen Fortpflanzung in derselben Weise stattgefunden habe. Wie bei jenen Pflanzenthieren, so werden auch bei den Gastraeaden sich beiderlei Geschlechts-Zellen — Eizellen und Spermazellen — bei einer und derselben Person ausgebildet haben, und es werden also die ältesten Gastraeaden Zwitter gewesen sein. Denn aus der vergleichenden Anatomie ergiebt sich, dass die Zwitterbildung, d. h. die Vereiniguug der beiderlei Geschlechtszellen in einem Individuum (*Hermaphroditismus*) der älteste und ursprünglichste Zustand der geschlechtlichen Differenzirung ist; erst später ist aus diesem die Geschlechtstrennung (*Gonochorismus*) oder die Vertheilung der beiderlei Geschlechtsprodukte auf verschiedene Individuen hervorgegangen. Ganz abgesehen aber von dieser Frage sind unsere Gastraeaden-Ahnen schon deshalb von höchster Bedeutung, weil sie den grossartigen Fortschritt von den Urthieren (*Protozoa*) zu den Darmthieren (*Metazoa*) vermittelten[55].

Zwölfte Tabelle.

Uebersicht über die fünf ersten Entwickelungsstufen der menschlichen Ahnen-Reihe, verglichen mit den fünf ersten Stufen der individuellen und der systematischen Entwickelung.

Formwerth der fünf ersten Entwickelungsstufen des Thierkörpers.	**Phylogenesis.** Die fünf ersten Stufen der Stammes-Entwickelung.	**Ontogenesis.** Die fünf ersten Stufen der Keimes-Entwickelung.	**Systema.** Die fünf ersten Stufen des Thier-Systemes.
1. **Erste Stufe:** Eine einfachste Cytode. (Eine kernlose Plastide.)	1. **Monerea.** Aelteste animale Moneren (durch Urzeugung entstanden).	1. **Monerula.** Kernloses Thier-Ei (nach der Befruchtung und nach Verlust des „Keimbläschens").	1. **Moneres.** Protamoeba, Bathybius und andere lebende Moneren der Gegenwart.
2. **Zweite Stufe:** Eine einfache Zelle. (Eine kernhaltige Plastide.)	2. **Amoeba.** Aelteste animale Amoeben.	2. **Ovulum.** Kernhaltiges Thier-Ei (Einfache amoeboide Eizelle.)	2. **Amoeba.** Lebende Amoeben der Gegenwart.
3. **Dritte Stufe:** Eine einfachste Gemeinde von einfachen, gleichartigen Zellen.	3. **Synamoebium.** Aelteste Gemeinden von animalen Amoeben.	3. **Morula.** „Maulbeerdotter". Kugeliger Haufen von gleichartigen Furchungskugeln.	3. **Labyrinthula.** Haufen von gleichartigen einzelligen Urthieren.
4. **Vierte Stufe:** Eine einfache, mit Flüssigkeit gefüllte Hohlkugel, deren Wand aus einer einzigen Schicht von gleichartigen Zellen besteht.	4. **Planaea.** Animale Hohlkugeln, deren Wand aus einer einzigen Schicht von gleichartigen Flimmerzellen besteht.	4. **Blastosphaera.** Hohlkugel, deren Wand aus einer einzigen Schicht von gleichartigen Zellen besteht. (Planula niederer Thiere.)	4. **Magosphaera.** Hohlkugel, deren Wand aus einer einzigen Schicht von gleichartigen Flimmerzellen besteht.
5. **Fünfte Stufe:** Ein einfacher, einaxiger (halbkugeliger oder eiförmiger) hohler Körper, dessen Wand aus zwei verschiedenen Zellenschichten besteht; mit einer Oeffnung an einem Pole der Axe.	5. **Gastraea.** Stammform der Darmthiere oder Metazoen. Einfacher Urdarm mit Urmund. Körperwand aus Exoderm und Entoderm gebildet.	5. **Gastrula.** Darmlarve. Einfache Darmhöhle mit Mundöffnung. Körperwand aus den beiden primären Keimblättern gebildet.	5. **Protascus.** Einfachstes Pflanzenthier. Einaxige ungegliederte Person, deren Körperwand aus Exoderm und Entoderm besteht.

Siebzehnter Vortrag.

Die Ahnen-Reihe des Menschen.

II. Vom Urwurm bis zum Schädelthier.

„Dem Göttern gleich' ich nicht! Zu tief ist es gefühlt;
Dem Wurme gleich ich, der den Staub durchwühlt,
Den, wie er sich im Staube nährend lebt,
Des Wandrers Tritt vernichtet und begräbt. —
Was grinsest Du mir, hohler Schädel, her,
Als dass Dein Hirn, wie meines, einst verwirret,
Den lieben Tag gesucht und in der Dämmrung schwer,
Mit Lust nach Wahrheit, jämmerlich geirret!"

Wolfgang Goethe.

Inhalt des siebzehnten Vortrages.

Der Stamm der Würmer als Stammgruppe der vier höheren Thierstämme. Die Nachkommen der Gastraea: einerseits die Stammform der Pflanzenthiere (Schwämme und Nesselthiere), anderseits die Stammform der Würmer. Die strahlige Form der ersteren und die zweiseitige Form der letzteren. Die beiden Hauptabtheilungen der Würmer: Acoelomier und Coemolaten; erstere ohne, letztere mit Leibeshöhle und Blutgefäss-System. Sechste Ahnenstufe: Archelminthen, nächstverwandt den Turbellarien. Abstammung der Coelomaten von den Acoelomiern. Mantelthiere (Tunicaten) und Chordathiere (Chordonier). Siebente Stufe: Weichwürmer (Scolecida). Eine Seitenlinie derselben: der Eichelwurm (Balanoglossus). Differenzirung des Darmrohres in Kiemendarm und Magendarm. Achte Ahnenstufe: Chordathiere (Chordonia). Die Ascidien-Larve als Schattenbild der Chordonier. Ausbildung des Axenstabes oder der Chorda. Mantelthiere und Wirbelthiere als divergente Zweige der Chordonier. Scheidung der Wirbelthiere von den übrigen höheren Thierstämmen (Gliederthieren, Sternthieren, Weichthieren). Bedeutung der Metamerenbildung. Schädellose (Acrania) und Schädelthiere (Craniota). Neunte Ahnenstufe: Schädellose. Amphioxus und das Urwirbelthier. Entstehung der Schädelthiere (Bildung von Kopf, Schädel und Gehirn). Zehnte Ahnenstufe: Schädelthiere, verwandt den Cyclostomen.

XVII.

Meine Herren!

Bekanntlich geschieht es sehr oft, dass der Mensch sowohl im Munde des Volkes als in der Sprache der Dichter mit einem Wurme verglichen wird. Man spricht von einem „armen Wurm", einem „jämmerlichen Wurm", einem „allerliebsten Wurm" u. s. w. Wenn wir nun auch diesen zoologischen Vergleichen keinen tieferen phylogenetischen Hintergedanken zuschreiben wollen, so könnten wir doch behaupten, dass darin instinctiv, mehr oder weniger unbewusst, die Vergleichung mit einem niederen thierischen Entwickelungszustande liege, der für unsere Erkenntniss der Ahnenreihe des Menschen von besonderem Interesse ist. Es unterliegt nämlich keinem Zweifel, dass der Stamm der Wirbelthiere (dem ja auch das Menschengeschlecht seiner ganzen Organisation nach angehört) gleich den anderen höheren Thierstämmen sich phylogenetisch aus jener vielgestaltigen Gruppe von niederen wirbellosen Thieren entwickelt hat, welche wir heutzutage Würmer nennen. Mögen wir den zoologischen Begriff des „Wurmes" noch so eng begrenzen, so bleibt es doch unzweifelhaft, dass eine ganze Reihe von ausgestorbenen Würmern zu den directen Vorfahren des Menschengeschlechts gehört.

Die Stammgruppe der Würmer (*Vermes*) im Sinne der heutigen Zoologie ist zwar viel beschränkter, als die Klasse der Würmer im Sinne der älteren Zoologie, welche sich an das System von LINNÉ anschloss. Aber dennoch umfasst sie eine grosse Anzahl von sehr verschiedenartigen niederen Thieren, welche wir phylogenetisch nur als die letzten vereinzelten grünen Aestchen eines vielverzweigten ungeheuren Baumes deuten können, dessen Stamm und dessen Hauptäste seit langer Zeit grösstentheils abgestorben sind. Einerseits befinden sich unter den sehr weit divergirenden Würmer-Klassen die Stammformen (oder doch die nächsten Verwandten derselben) von

den vier höheren Thierstämmen (Weichthieren, Sternthieren, Gliederthieren, Wirbelthieren); anderseits können mehrere umfangreiche Gruppen und auch einzelne isolirte Gattungen von Würmern als Wurzelschösslinge betrachtet werden, welche unmittelbar aus der Wurzel des uralten gewaltigen Würmer-Stammbaumes hervorgesprosst sind. Einige von diesen letzteren haben sich offenbar nur wenig von der längst ausgestorbenen Stammform desselben entfernt, und diese letztere, der Urwurm (*Prothelmis*), schliesst sich ganz unmittelbar an die zuletzt von uns betrachtete Gastraea an.

Es geht nämlich aus den bedeutungsvollen Zeugnissen der vergleichenden Anatomie und Ontogenie mit voller Klarheit hervor, dass die *Gastraea* als der unmittelbare Vorfahr dieses uralten Urwurmes betrachtet werden muss. Noch heute entwickelt sich in der Ontogenese der verschiedensten Würmer unmittelbar aus dem gefurchten Ei die *Gastrula* (Fig. 108; Taf. VII, Fig. 4). Die niedersten und unvollkommensten Würmer behalten zeitlebens eine so einfache Organisation, dass sie sich nur wenig über die niedersten Pflanzenthiere erheben, die ebenfalls als unmittelbare Descendenten der Gastraea zu betrachten sind und sich ebenfalls meistens noch heute direct aus der Gastrula entwickeln. Fasst man das genealogische Verhältniss dieser beiden niederen Thierstämme, der Würmer und Pflanzenthiere, scharf in's Auge, so ergiebt sich als die wahrscheinlichste Descendenz-Hypothese, dass beide als zwei von einander unabhängige Stämme unmittelbar aus der Gastraea hervorgegangen sind. Einerseits entwickelte sich aus der letzteren die gemeinsame Stammform der Würmer, anderseits die gemeinsame Stammform der Pflanzenthiere. (Vergl. die XIII. und XIV. Tabelle.)

Der Stamm der Pflanzenthiere (*Zoophyta* oder *Coelenterata*) umfasst heutzutage einerseits die Hauptklasse der Schwämme (*Spongiae*), anderseits die Hauptklasse der Nesselthiere (*Acalephae*); zu letzteren gehören die Hydroid-Polypen, die Medusen, Ctenophoren und Korallen. Von der einstmaligen gemeinsamen Stammform dieses Stammes, die wir als Urschlauch (*Protascus*) bezeichnen wollen, giebt uns noch heutzutage diejenige einfache Keimform Kunde, welche sich sowohl bei Schwämmen wie bei Nesselthieren zunächst aus der Gastrula entwickelt, die Ascula (Fig. 109). Das ist ein ganz einfacher schlauchförmiger Körper von der Organisation der Gastrula; er unterscheidet sich von der letzteren nur dadurch, dass

er nicht mehr frei beweglich, sondern an dem einen, der Mundöffnung (*o*) entgegengesetzten Körperende auf dem Meeresboden festgewachsen ist. Auch sind die Flimmerhaare der Oberfläche verloren gegangen, mittelst deren sich die Gastrula schwimmend umherbewegte. Im Uebrigen besteht auch hier die dünne Wand der einfachen Magenhöhle (*g*) nur aus den beiden primären Keimblättern, dem äusseren Hautblatte (*e*) und dem inneren Darmblatte (*i*). Die Descendenten des Protascus (von dem die Ascula noch heute uns ein Schattenbild liefert) spalteten sich in zwei divergirende Zweige. Bei dem einen Zweige traten in der Darmwand Poren auf und dadurch entwickelte er sich zum Schwamme. Bei dem anderen Zweige hingegen bildeten sich in dem Hautblatte der Darmwand Nesselorgane aus und dadurch entwickelte er sich zum Nesselthiere. Bei der weiteren Entwickelung dieser letzteren bildete sich dann ferner die strahlige oder radiale Organisation aus, welche für die meisten Pflanzenthiere charakteristisch und unmittelbar durch die Anpassung an die festsitzende Lebensweise bedingt ist.



Fig. 109.

Wie bei dieser einen von der Gastraea ausgehenden Hauptlinie, bei den Pflanzenthieren, die charakteristische Strahlform (die radiale oder reguläre Grundform) durch die Anpassung an festsitzende Lebensweise, so ist bei der anderen Hauptlinie, bei den Würmern, die bei diesen stets scharf ausgeprägte zweiseitige Form (die bilaterale oder symmetrische Grundform) durch die Anpassung an eine bestimmte freie Ortsbewegung bedingt worden. Diese Locomotion kann

Fig. 109. Ascula eines Kalkschwammes (*Olynthus*). Links äussere Ansicht der Oberfläche; rechts Durchschnitt durch die Längsaxe. *g* Urdarm. *o* Urmund. *i* Darmblatt. *e* Hautblatt.

entweder Kriechen auf dem Meeresboden oder freies Schwimmen im Meere gewesen sein. Die constante Richtung und Haltung des Körpers, welche bei dieser Form der freien Ortsbewegung beibehalten wurde, bedingte die dipleure oder bilaterale Grundform der symmetrischen Würmer. Schon die Stammform der letzteren, der Urwurm (*Prothelmis*), wird sich dadurch ausgezeichnet und von dem Protascus, der Stammform der Pflanzenthiere, entfernt haben. In diesem einfachen mechanischen Momente, in der bestimmt gerichteten freien Ortsbewegung der Würmer einerseits, in der festsitzenden Lebensweise der ältesten Pflanzenthiere anderseits, müssen wir die bewirkende Ursache suchen, welche dort die bilaterale oder zweiseitige), hier die radiale (oder strahlige) Grundform des Körpers bedingte. Jene erstere (bilaterale) Grundform hat das Menschengeschlecht von den Würmern geerbt.

Da wir demnach mit den Pflanzenthieren gar keine weitere Verwandtschaft besitzen, wird es jetzt unsere nächste Aufgabe sein, die Stammesgeschichte des Menschen (und überhaupt des gesammten Wirbelthierstammes) innerhalb des Würmerstammes näher in's Auge zu fassen. Lassen Sie uns untersuchen, inwieweit die vergleichende Anatomie und Ontogenie der Würmer uns berechtigt, innerhalb dieses Phylon nach uralten Vorfahren des Wirbelthier-Stammes und somit auch des Menschen zu suchen. Zu diesem Zwecke müssen wir zunächst das zoologische System der Würmer in Betracht ziehen. Auf Grund der neueren Untersuchungen über die vergleichende Anatomie und Ontogenie der Würmer theilen wir (ganz absehend von den mannichfaltigen Eigenthümlichkeiten der vielen einzelnen Klassen, die uns hier nicht weiter interessiren) die ganze Formenmasse des Würmerstammes in zwei grosse Hauptgruppen ein. Die erste Hauptgruppe, welche wir Dichtwürmer (*Acoelomi*) nennen, umfasst die ältere Abtheilung der niederen Würmer, welche noch gar keine wahre Leibeshöhle, kein Gefäss-System, kein Herz, kein Blut, kurz Nichts von alle dem besitzen, was mit diesem Organsystem zusammenhängt. Die zweite Hauptgruppe hingegen, welche wir Blutwürmer (*Coelomati*) nennen, unterscheidet sich von jenen durch den Besitz einer wahren Leibeshöhle (*Coeloma*); damit ist zugleich die Anwesenheit einer Blutflüssigkeit, welche diesen Hohlraum ausfüllt, gegeben; zugleich bilden sich bei den meisten Coelomaten noch besondere Blutgefässe aus, welche wieder andere Fortschritte

in der Organisation durch Correlation bedingen. Das Verhältniss dieser beiden Hauptgruppen der Würmer zu einander ist nun offenbar ein phylogenetisches. Die Acoelomen, welche noch den Gastraeaden und den Pflanzenthieren sehr nahe stehen, sind als eine ältere und niedere Gruppe zu betrachten, aus welcher sich die jüngere und höhere Abtheilung der Coelomaten erst in einem späteren Abschnitte der laurentischen Periode hervorgebildet haben kann.

Zunächst wollen wir uns jetzt die niedere Würmergruppe der Acoelomier etwas näher betrachten, unter denen wir die sechste, an die Gastraea sich zunächst anschliessende Ahnenstufe der Wirbelthiere, und somit auch unseres eigenen Geschlechtes suchen müssen. Der Name „*Acoelomi*" bedeutet: „Würmer ohne Leibeshöhle" (ohne Coeloma), und demgemäss auch ohne Blut und ohne Gefässsystem. Diese Bezeichnung drückt also denjenigen wichtigen Charakter aus, durch den sich vor allen anderen die Acoelomier (oder „Dichtwürmer") von den Coelomaten (oder „Blutwürmern") unterscheiden. Die heute noch lebenden Acoelomier fasst man gewöhnlich in einer einzigen Klasse zusammen und nennt sie wegen ihres plattgedrückten Körpers „Plattwürmer" (*Plathelminthes*). Dahin gehören vor allen die frei im Wasser lebenden Strudelwürmer (*Turbellaria*), ferner die schmarotzend in anderen Thieren lebenden Saugwürmer (*Trematoda*) und die durch Parasitismus noch stärker rückgebildeten Bandwürmer (*Cestoda*). Das phylogenetische Verhältniss dieser drei Plattwürmer-Ordnungen liegt klar vor Augen: Die Saugwürmer sind aus den frei lebenden Strudelwürmern durch Anpassung an parasitische Lebensweise entstanden; und durch noch weiter gehendes Schmarotzerleben sind aus den Saugwürmern die Bandwürmer hervorgegangen: ausgezeichnete Beispiele für stufenweise zunehmende Rückbildung der wichtigsten Organe.

Ausser diesen uns wohl bekannten und noch heute lebenden Plattwürmern müssen aber während des archolithischen Zeitalters noch zahlreiche andere Acoelomier gelebt haben, welche zwar im Ganzen den letzteren sehr nahe standen, aber in mancher Beziehung noch einfacher organisirt waren und sich in ihren niedersten Entwickelungsstufen unmittelbar an die Gastraeaden anschlossen. Wir können diese niedersten Acoelomier, unter denen sich die gemeinsame Stammform des ganzen Würmerstammes (die *Prothelmis*) befunden haben muss, allgemein als Urwürmer (*Archelminthes*) bezeichnen.

Die beiden Klassen der Acoelomier, die Archelminthen und Plathelminthen, bieten in ihrer äusseren Körperform die allereinfachsten Verhältnisse des bilateralen Thierkörpers dar. Der Körper ist einfach länglich-rund, meist etwas plattgedrückt, ohne alle Anhänge (Fig. 110). Die Rückenseite des blattförmigen Körpers ist verschieden von der Bauchseite, auf welcher der Wurm gewöhnlich kriecht. Dem entsprechend sind bereits bei diesen einfachsten Würmern jene drei, die bilaterale Grundform bestimmenden Axen ausgesprochen, welche wir im Körper des Menschen und aller höheren Thiere wieder vorfinden: I. eine Längenaxe (Hauptaxe), die von vorn nach hinten, II. eine Breitenaxe (Lateralaxe), die von rechts nach links, und III. eine Dickenaxe (Dorsoventralaxe oder Pfeilaxe), welche von der Rückenfläche nach der Bauchfläche geht (vergl. S. 178). Diese sogenannte „symmetrische" oder „bilaterale" Differenzirung der Grundform des Körpers ist einfach die mechanische Wirkung der Anpassung an die kriechende Ortsbewegung; während die frei schwimmende Gastrula gleichmässig die ganze flimmernde Körperoberfläche zur Fortbewegung benutzt und deshalb noch nicht zu jener Axendifferenzirung gelangt ist. Die geometrische Grundform der Gastrula (Fig. 108), wie des Protascus (Fig. 109), ist die ungleichpolige einaxige (*Monaxonia diplopola*). Hingegen die Grundform der Würmer, wie der Wirbelthiere, ist die zweiseitige kreuzaxige (*Stauraxonia dipleura*)[86].

Die gesammte äussere Körperoberfläche der Strudelwürmer ist wie bei der Gastrula mit einem dichten feinen Flimmerkleide bedeckt; d. h. mit einem Pelze von äusserst feinen und dicht stehenden mikroskopischen Häärchen, welche directe Fortsätze der oberflächlichsten Oberhautzellen sind und sich ununterbrochen in strudelnder oder flimmernder Bewegung befinden. Die beständigen Schwingungen dieser Flimmerhäärchen erzeugen an der Körperoberfläche einen ununterbrochenen Wasserstrom (einen „Strudel"), von dem die Strudelwürmer ihren Namen erhalten haben. Durch diesen Wasserstrom wird beständig frisches Wasser der Hautfläche zugeführt und so die Athmung in einfachster Form (die „Hautathmung") vermittelt. Die gleiche Flimmerbedeckung, wie bei den heute noch lebenden Strudelwürmern unserer Meere und süssen Gewässer, dürfen wir auch bei unseren ausgestorbenen Vorfahren aus der Urwürmer-Gruppe,

den Archelminthen, voraussetzen. Sie haben dieses Flimmerkleid unmittelbar von der Gastraea geerbt.

Wenn wir nun aber durch den einfachen Körper dieser Turbellarien (und der ihnen gewiss sehr nahe verwandten Archelminthen) verschiedene senkrechte Schnitte (Längsschnitte und Querschnitte) legen, so werden wir bald gewahr, dass ihre innere Organisation sich schon bedeutend über diejenige der Gastraeaden erhebt. Zunächst überzeugen wir uns dann, dass sich zwischen den beiden primären (von der Gastraea geerbten) Keimblättern, zwischen dem ursprünglichen Exoderm und Entoderm, zwei neue Zellenschichten entwickelt haben, von denen die äussere aus dem Exoderm, die innere aus dem Entoderm durch Abspaltung entstanden ist. (Vergl. das Schema auf Taf. III, Fig. 10.) Diese beiden neuen Zellenschichten sind dieselben beiden „F a s e r b l ä t t e r" oder „Muskelblätter", welche wir auch bei dem Embryo der Wirbelthiere zunächst aus den primären beiden Keimblättern entstehen sahen. (Vergl. den Querschnitt der Amphioxus-Larve und des Regenwurms, Fig. 36 und 38, S. 196.) Das äussere von diesen beiden Muskelblättern, das H a u t f a s e r b l a t t, bleibt innig mit dem Hautsinnesblatte verbunden und bildet die Muskelmasse des Körpers; das innere hingegen bleibt mit dem Darmdrüsenblatte in Zusammenhang und bildet als D a r m f a s e r b l a t t die Muskelwand des Darmrohres. Wir finden also schon bei diesen Acoelomiern zwischen dem äusseren und inneren Keimblatt jene beiden Muskelblätter in ihrer einfachsten Gestalt entwickelt, ohne dass eine Leibeshöhle existirte. Diese letztere entstand erst viel später durch das Auseinanderweichen der beiden Muskelblätter bei den Coelomaten. Somit sind die beiden wichtigsten Fortschritte, welche die Archelminthen über die Gastraeaden hinaus thun, vor Allem darin zu suchen, dass die einaxige Grundform in die dipleure überging, und dass durch Differenzirung der beiden primären Keimblätter die vier secundären Keimblätter entstanden. Vergl. auf Taf. III die schematischen Längsschnitte von der Gastrula (Fig. 9) und dem idealen Urbilde der Archelmis (Fig. 10).

Diese höchst wichtige, histologische Sonderung der vier secundären Keimblätter führte nun unmittelbar zu weiteren, organologischen Differenzirungs-Processen, durch welche die Organisation der Urwürmer sich bald bedeutend über diejenige der Gastraeaden erhob. Bei diesen letzteren war ja eigentlich nur ein einziges Organ

in morphologischem Sinne vorhanden, der Urdarm mit seiner Mundöffnung. Der ganze Körper war hier noch Darmcanal; die Darmwand war zugleich Körperwand. Von den beiden Zellenschichten, welche diese Darmwand bildeten, fungirte die innere als ernährende, die äussere als bewegende und deckende Schicht. Indem sich einzelne Zellen der primären Keimblätter zu Eizellen, andere zu Spermazellen ausbildeten, vermittelten dieselben zugleich die Function der Fortpflanzung. Bei den Urwürmern begannen sich nun aber mit der Ausbildung der secundären Keimblätter auch diese verschiedenen Functionen auf verschiedene Organe zu vertheilen, die sich von dem primitiven Hauptorgan, dem Urdarm, emancipirten. Es entstanden besondere (wenn auch anfangs höchst einfache) Organe für die Fortpflanzung (Geschlechtsdrüsen), für die Ausscheidung (Nieren), für die Bewegung (Muskeln), für die Empfindung (Nerven und Sinnesorgane).

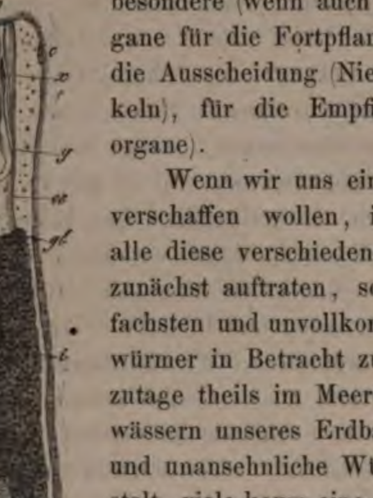


Fig. 110.

Wenn wir uns ein ganz ungefähres Bild davon verschaffen wollen, in welcher einfachsten Form alle diese verschiedenen Organe bei den Urwürmern zunächst auftraten, so brauchen wir nur die einfachsten und unvollkommensten Formen der Strudelwürmer in Betracht zu ziehen, wie sie noch heutzutage theils im Meere, theils in den süssen Gewässern unseres Erdballs leben; meist sehr kleine und unansehnliche Würmchen von einfachster Gestalt, viele kaum eine oder wenige Linien lang. Bei den einfachsten Arten dieser Turbellarien (welche offenbar unseren ausgestorbenen Archelminthen sehr nahe stehen!) wird der grösste Theil des länglichrunden Körpers von dem Darmcanale eingenommen (Fig. 110 *i*). Dieser ist fast noch ebenso einfach wie bei den Gastraeaden gebildet, ein ganz gerader Schlauch mit einer Oeffnung, welche Mund und

Fig. 110. Ein einfacher Strudelwurm (*Turbellarium*). *i* der ganz einfache Darmschlauch. *o* die Mundöffnung (zugleich Afteröffnung). *gl* Darmdrüsen. *oe* Schlund (oft rüsselartig vorstreckbar). *c* ein Paar Wimpergrübchen in der flimmernden Oberhaut (Sinnesorgane). *y* Hoden. *x* Penis. *ov* Eierstock (Nach Gegenbaur.)

After zugleich ist (*o*). Die ernährenden Zellen, welche den Hohlraum des Darmschlauches auskleiden und an einzelnen Stellen sich zu kleinen Drüsen anhäufen (*gl*), bilden das Darmdrüsenblatt. Eine dünne Lage von theils bindegewebigen, theils muskulösen Zellen, welche das Darmdrüsenblatt äusserlich umhüllt und stützt, ist die erste Anlage des Darmfaserblattes. Unmittelbar darüber nach aussen liegt das Hautfaserblatt, welches bei den meisten Würmern als ein einfacher Hautmuskelschlauch auftritt. Vorn über dem Schlunde ist bei den Strudelwürmern bereits ein Nervensystem in einfachster Form zu finden, nämlich ein Paar kleiner Nervenknoten („Oberer Schlundknoten" oder „Urhirn"), welche feine Nervenfäden zu den Muskeln und zum flimmernden Hautsinnesblatte schicken. Ferner sind bei den Plattwürmern ganz allgemein ein Paar einfache Nierencanäle („Excretions-Organe") vorhanden, in Form von zwei dünnen, langen, drüsigen Röhren, welche längs des Darmes rechts und links verlaufen und am hinteren Körperende ausmünden. Sie erinnern sich wie frühzeitig die beiden Urnierencanäle auch beim Embryo des Wirbelthieres auftraten, kurz nachdem eben die erste Differenzirung des mittleren Keimblattes stattgefunden hatte. Dies frühzeitige Auftreten bezeugt, dass die Nieren sehr wichtige Primordial-Organe sind. Dasselbe bezeugt auch ihre allgemeine Verbreitung bei den Plattwürmern; denn sogar die Bandwürmer, welche ihren Darm in Folge ihrer parasitischen Lebensweise verloren haben, besitzen noch die beiden ausscheidenden Urnieren oder „Excretions-Canäle". Demnach scheinen diese harnabsondernden Drüsen älter und physiologisch wichtiger als das Blutgefäss-System zu sein, das den Plattwürmern noch gänzlich fehlt. Die Geschlechts-Organe treffen wir bei vielen Strudelwürmern schon in sehr complicirter, bei anderen aber noch in sehr einfacher Form an. Die meisten sind Zwitter oder Hermaphroditen; d. h. jede einzelne Wurmperson enthält männliche und weibliche Geschlechtswerkzeuge. Bei den einfachsten Formen finden wir vorn einen Hoden (Fig. 110 *g*) mit Begattungs-Organ (*x*); hinten einen ganz einfachen Eierstock (*ov*). Eine solche einfachste Acoelomier-Form der Gegenwart, wie wir sie unter den niedersten Rhabdocoelen antreffen, kann uns wohl eine ungefähre Vorstellung von derjenigen Stammform des Würmerstammes geben, welche als *Prothelmis* einstmals auch die sechste Stufe unseres menschlichen Stammbaumes bildete.

Gewiss werden diejenigen Vorfahren des Menschengeschlechts, welche wir ihrer gesammten Organisation nach in die Würmer-Gruppe der Acoelomier stellen müssen, während des archolithischen Zeitalters durch eine ganze Reihe von verschiedenartigen Wurmformen vertreten gewesen sein. Die niedersten derselben werden sich unmittelbar an die Gastraeaden (fünfte Ahnen-Stufe), die höchst entwickelten hingegen direct an die Coelomaten (siebente Stufe) angeschlossen haben. Da jedoch unsere heutigen Kenntnisse in der vergleichenden Anatomie und Ontogenie der Acoelomier noch höchst fragmentarisch und viel zu unvollständig sind, um mit Sicherheit die Reihenfolge der verschiedenen Acoelomier-Stufen feststellen zu können, so verzichten wir auf den Versuch einer eingehenden Unterscheidung derselben. Wir wenden uns vielmehr jetzt zu der sicher annehmbaren siebenten Ahnenstufe unseres Stammbaumes, welche der formenreiche Gruppe der Blutwürmer (*Coelomati*) angehört haben muss.

Der bedeutungsvolle Fortschritt in der Organisation, durch den sich die Blutwürmer oder Coelomaten aus den älteren Dichtwürmern oder Acoelomiern entwickelten, bestand in der Ausbildung einer Leibeshöhle (*Coeloma*) und eines diese anfüllenden, ernährenden Saftes, des ersten Blutes. Alle niederen Thiere, mit denen wir uns bisher in unserer Phylogenie beschäftigt haben, alle Urthiere und Pflanzenthiere sind gleich den Acoelomiern blutlos und ohne Leibeshöhle. Durch die Ausbildung dieses letzteren Organes und des verwickelten Gefässsystems, das sich aus demselben bald hervorbildete, thaten die ältesten Coelomaten einen gewaltigen Schritt vorwärts. Ein grosser Theil der organologischen Complication im Bau der höheren vier Thierstämme beruht auf der Differenzirung des Gefässsystemes, welches sie von den Coelomaten erbten.

Die erste Entstehung der wahren Leibeshöhle oder des Coeloms können wir auf ein Auseinanderweichen der beiden Faserblätter zurückführen; auf eine räumliche Abtrennung des äusseren Hautfaserblattes von dem inneren Darmfaserblatte. Wir können uns diesen wichtigen Process sehr einfach mechanisch vorstellen, indem wir eine gleichzeitige und divergente Action der Muskelzüge in beiden Faserblättern annehmen. Wenn bei den Acoelomiern sich der Darmmuskelschlauch einerseits und der Hautmuskelschlauch anderseits lange Zeit hindurch gleichzeitig contrahirten, so mussten diese beiden Muskel-

lamellen allmählich aus einander weichen; zwischen beiden mussten spaltförmige Lücken entstehen, und diese Lücken wurden ausgefüllt durch einen Saft, welcher durch die Darmwand hindurchschwitzte. Dieser Saft war das erste Blut, und die spaltförmigen Lücken zwischen den beiden Muskelblättern bildeten die erste Anlage der Leibeshöhle. Durch Zusammenfliessen derselben entstand das einfache Coelom, die geräumige, Blut oder Lymphe enthaltende Höhle, welche bei allen höheren Thieren eine so bedeutende Rolle als das Behältniss der umfangreichsten Eingeweide spielt. Die Entstehung dieses Coeloms und der damit in Zusammenhang sich entwickelnden Blutgefässe war von grösstem Einflusse auf die weitere Entwickelung der thierischen Organisation. Vor allem war damit die Möglichkeit hergestellt, auch peripherischen Körpertheilen, welche sich in weiter räumlicher Entfernung vom Darmcanal entwickelten, reichlichen Nahrungssaft zuzuführen. Die innige Correlation oder Wechselbeziehung der Theile musste unmittelbar mit der fortschreitenden Ausbildung des Blutgefäss-Systems eine Menge von anderen wichtigen Fortschritten in der Organisation des Coelomaten-Körpers veranlassen.

Ebenso wie unter den Acoelomiern, so wird auch unter den Coelomaten der Stammbaum unseres Geschlechts durch eine lange Reihe von verschiedenen Ahnenstufen vertreten gewesen sein. Aber unter den heute noch lebenden Coelomaten (die nur einen ganz geringen Bruchtheil von dem einstmaligen Formenreichthum dieser grossen Thiergruppe darstellen) giebt es nur sehr wenige Würmer, welche mit Sicherheit als nahe Verwandte jener längst ausgestorbenen Vorfahren des Menschen betrachtet werden können. Eigentlich ist nur noch eine einzige Klasse von Coelomaten in dieser Beziehung von hervorragender Bedeutung: das sind die Mantelthiere (*Tunicata*), zu denen die uns bereits wohl bekannten Ascidien gehören. Sie wissen ja schon aus unseren genauen Untersuchungen über den Körperbau und die Keimesgeschichte der Ascidien und des Amphioxus, welche ausserordentliche Wichtigkeit diese höchst interessanten Thierformen besitzen. (Vergl. den XIII. und XIV. Vortrag.) Auf Grund jener Untersuchungen können wir mit grösster Sicherheit den wichtigen Satz aufstellen: Zu den Vorfahren der Wirbelthiere (und also auch des Menschen) gehört eine unbekannte ausgestorbene Coelomaten-Form, deren nächst verwandte, uns bekannte und heute noch lebende Thierform die geschwänzte Larve der Ascidie

ist. Wir wollen diese Wurmform, welche vor Allem durch den Besitz des Axenstabes oder der Chorda charakterisirt war, einstweilen als Chordathier (*Chordonium*) bezeichnen. Als zwei divergirende Linien haben sich aus diesen Chordoniern einerseits die Ascidien, anderseits die Wirbelthiere entwickelt. Die gemeinsame Stammform der Chordonier selbst aber war eine Coelomaten-Form, die wir schliesslich wieder von den Acoelomiern, und zwar von den Archelminthen, ableiten müssen.

Nun muss freilich zwischen diesen beiden Würmer-Gruppen, zwischen den Archelminthen und Chordoniern, eine ganze Reihe von vermittelnden Zwischenformen existirt haben. Aber leider sind unsere heutigen zoologischen Kenntnisse gerade über diese wichtigen Zwischenformen der vielgestaltigen Würmerabtheilung höchst unvollkommen. Aus leicht begreiflichen Gründen konnten alle diese Würmer keine versteinerten Reste hinterlassen. Denn gleich den allermeisten übrigen Würmern werden sie gar keine festen Bestandtheile in ihrem Körper besessen haben. Die meisten Versteinerungen von Würmern, die wir kennen, sind auch werthlos. Denn sie sagen uns Wenig oder Nichts von den wichtigsten Organisations-Verhältnissen des weichen Körpers. Glücklicher Weise können wir jedoch die empfindliche paläontologische Lücke, welche hier in unserem Stammbaum existirt, grossentheils in befriedigender Weise durch die vergleichende Anatomie und Ontogenie der Würmer ausfüllen. Wenn wir einerseits die Organisation und Entwickelungsgeschichte der niederen Würmer von den Turbellarien an, anderseits die Anatomie und Ontogenie der Ascidien in's Auge fassen, so ist es nicht schwer, sich Schritt für Schritt die vermittelnden Zwischenformen mittelst der Phantasie zu reconstruiren und eine Reihe von ausgestorbenen Ahnen-Formen zwischen die Acoelomier und Chordonier einzuschalten. Wir wollen diese Formen-Reihe als eine siebente Stufe unseres menschlichen Stammbaumes unter dem Namen der Weichwürmer (*Scolecida*) zusammenfassen.

Eine vergleichend-anatomische Betrachtung der verschiedenen Scoleciden-Formen, die wir hier etwa unterscheiden könnten, würde uns viel zu weit in das schwierige Detail der vergleichenden Anatomie und Ontogenie der Würmer hineinführen. Wichtiger erscheint es für unseren Zweck, diejenigen phylogenetischen Fortschritte hervorzuheben, mittelst deren sich die Organisation des ältesten Coelomaten

schliesslich bis zu derjenigen der Chordonier erhob. Gestützt auf die vergleichende Anatomie und Ontogenie der Turbellarien und der Ascidien dürfte hierbei in erster Linie die bedeutungsvolle Sonderung oder Differenzirung des Darmcanals in zwei verschiedene Abschnitte zu betonen sein: in einen vorderen Abschnitt (Kiemendarm), welcher der Athmung, und einen hinteren Abschnitt (Magendarm), welcher der Verdauung diente. Wie bei den Gastraeaden und Archelminthen, so ist auch bei den Ascidien-Larven anfangs der Darmcanal ganz einfach schlauchförmig, nur mit einer Mundöffnung versehen. Erst später bildet sich als zweite Oeffnung der After aus. Sodann treten im vorderen Abschnitte des Darmcanales die Kiemenspalten auf, durch welche sich der ganze Vorderdarm in den Kiemenkorb verwandelt. Diese merkwürdige Einrichtung ist, wie Sie wissen, für die Wirbelthiere ganz charakteristisch und kommt



Fig. 111.

Fig. 111. Ein junger Eichelwurm (*Balanoglossus*). Nach ALEXANDER AGASSIZ. *r* eichelförmiger Rüssel. *h* Halskragen. *k* Kiemenspalten und Kiemenbogen des Vorderdarmes, jederseits in einer langen Reihe hinter einander. *d* Verdauender Hinterdarm, den grössten Theil der Leibeshöhle ausfüllend. *v* Darmvene oder Bauchgefäss, zwischen zwei parallelen Hautfalten gelegen. *a* After.

ausserdem nur noch den Ascidien zu. Jedoch giebt es unter den heute noch lebenden Würmern eine ganz isolirte und vereinzelt dastehende merkwürdige Wurmform, welche in dieser Beziehung als ein entfernter Verwandter der Ascidien und Wirbelthiere, und vielleicht als ein divergenter Zweig der Scoleciden betrachtet werden kann. Das ist der sogenannte Eichelwurm (*Balanoglossus*, Fig. 111), ein im Meeressande lebender Wurm, dessen interessante Verwandtschafts-Beziehungen zu den Ascidien und Acraniern zuerst GEGENBAUR richtig erkannt und beurtheilt hat. Obgleich dieser sonderbare Balanoglossus sonst vielfach eigenthümlich organisirt ist, so dass ihn der letztere mit Recht zum Repräsentanten einer besonderen Klasse (*Enteropneusta*) erhob, so ist dennoch der vorderste Abschnitt des Darmrohres ganz ähnlich wie bei den Ascidien und Acranien organisirt: ein Kiemenkorb (Fig. 111 *k*), dessen Wände jederseits von Kiemenspalten durchbrochen und sogar von Kiemenbogen gestützt sind. Wenn nun auch der Eichelwurm in seinen übrigen Organisations-Verhältnissen bedeutend von denjenigen ausgestorbenen Scoleciden abweichen mag, die wir als directe Vorfahren unseres Stammes und als Zwischenglieder zwischen den Archelminthen und Chordoniern ansehen müssen, so kann er doch vermöge jener charakteristischen Bildung des Kiemendarmes als eine entfernt verwandte Seitenlinie der Scoleciden betrachtet werden. Ein bedeutender Fortschritt in der Darmbildung liegt auch darin, dass sich ein After (Fig. 111 *a*) an dem der Mundöffnung entgegengesetzten Ende gebildet hat. Die niederen Würmer haben nur eine Darmöffnung, die zugleich Mund und After ist. Die höheren Würmer, wie die sämmtlichen Ascidien, besitzen bereits beide Oeffnungen. Auch die höhere Entwickelung des Blutgefäss-Systems beim Balanoglossus beweist einen bedeutenden Fortschritt. Durch die flimmernde Hautoberfläche erinnert er hingegen noch an die Strudelwürmer. Die Geschlechter sind getrennt, während unsere Scoleciden-Ahnen höchst wahrscheinlich noch Hermaphroditen waren [87].

Aus einem Zweige der Scoleciden entwickelte sich weiterhin die Gruppe der Chordathiere (*Chordonia*), die gemeinsame Stammgruppe der Mantelthiere und der Wirbelthiere. Derjenige Vorgang, der die Entstehung dieser wichtigen Coelomaten-Gruppe vor Allem herbeiführte, war die Ausbildung jenes inneren Axenskelets, welches wir noch heute in seiner einfachsten Form zeitlebens beim nieder-

sten Wirbelthiere, beim Amphioxus, vorfinden: des **Axenstabes** oder der *Chorda dorsalis*. Sie wissen bereits, dass dieselbe Chorda auch schon bei den geschwänzten und frei schwimmenden Larven der Ascidien sich vorfindet (Taf. VII, Fig. 5). Die Chorda stützt allerdings vorzugsweise den Ruderschwanz der Ascidien-Larve, schiebt sich aber doch noch mit ihrem vorderen Ende zwischen das Darmrohr und das Markrohr des eigentlichen Larvenkörpers hinein. Wir finden hier also auf dem Querschnitt (Taf. VII, Fig. 6) diejenige Lagerung der wichtigsten Organe, welche für den Wirbelthier-Typus ganz charakteristisch ist (Fig. 100, S. 333): In der Mitte den festen Axenstab, der den übrigen Organen zur Stütze, namentlich aber den bewegenden Rumpfmuskeln als Rückhalt und Ansatzleiste dient; oberhalb dieser Chorda auf der Rückenseite das Central-Nervensystem in Gestalt eines Markrohres; unterhalb, auf der Bauchseite, das Darmrohr, dessen vordere Hälfte respiratorischer Kiemendarm, die hintere Hälfte digestiver Magendarm ist. Freilich erfreut sich die frei schwimmende Larve der heutigen Ascidien dieser typischen Wirbelthier-Charaktere nur kurze Zeit; sie giebt bald ihre frei bewegliche Lebensweise auf, stösst ihren Ruderschwanz mit der Chorda ab, setzt sich auf dem Meeresboden fest und unterliegt nun jener weitgehenden Rückbildung, deren erstaunliches Endresultalt wir schon früher betrachtet haben (XIII. und XIV. Vortrag). Nichtsdestoweniger aber entwirft uns die Ascidien-Larve in rasch vorübergehender Entwickelung ein flüchtiges Schattenbild von jener längst ausgestorbenen Chordonier-Form, die wir als die gemeinsame Stammform der Tunicaten und der Vertebraten betrachten müssen. Ja es giebt sogar heute noch eine kleine und unansehnliche Tunicaten-Form, welche diese Organisation der Ascidien-Larve mit ihrem Ruderschwanze, sowie ihre schwimmende Lebensweise, zeitlebens beibehält und als solche (freilich in sehr verkümmertem Zustand!) sich fortpflanzt. Das ist die winzige Appendicularia (Fig. 112).

Fragen wir uns, durch welche Anpassungs-Verhältnisse wohl die folgenschwere Entstehung des Axenstabes und damit die Umbildung eines Scoleciden-Zweiges in die Chordonier-Stammform bewirkt wurde, so können wir mit grosser Wahrscheinlichkeit die Angewöhnung der kriechenden Scoleciden an die schwimmende Lebensweise als Haupt-Ursache bezeichnen. Durch die energischen und anhaltenden Schwimmbewegungen wurde die stärkere Entwickelung der Rumpfmuskulatur

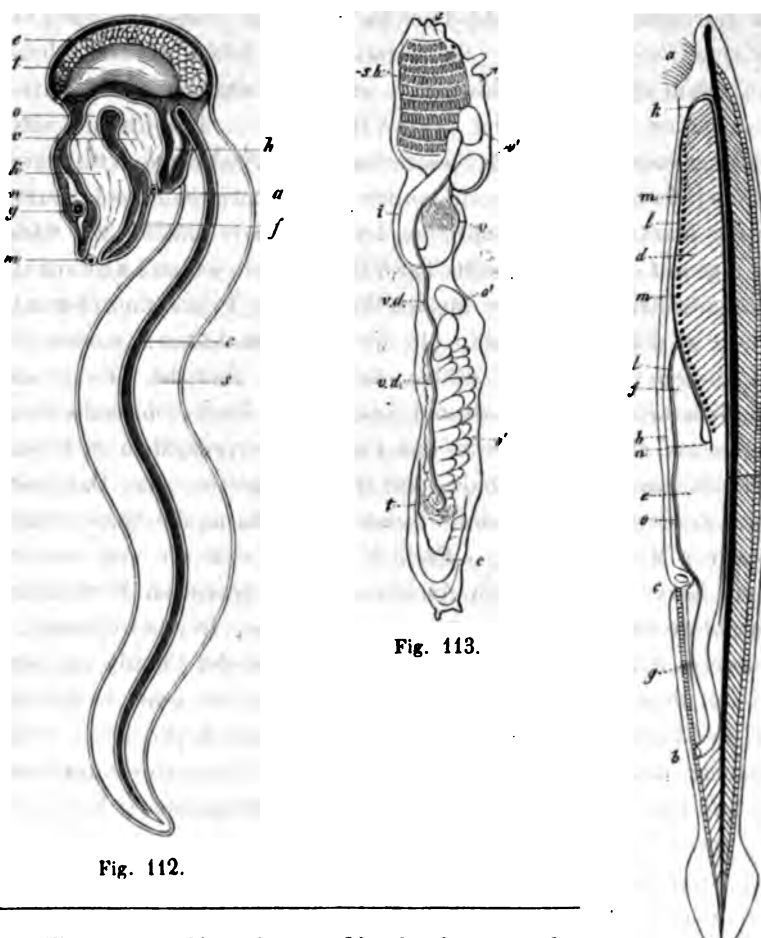


Fig. 112.

Fig. 113.

Fig. 114.

Fig. 112. **Eine Appendicularia**, von der linken Seite gesehen. *m* Mund. *k* Kiemendarm. *o* Speiseröhre. *v* Magen. *a* After. *n* Nervenknoten (oberer Schlundknoten). *g* Gehörbläschen. *f* Flimmerrinne unter der Kieme. *h* Herz. *t* Hoden. *e* Eierstock. *c* Chorda. *s* Schwanz.

Fig. 113. **Organisation einer Ascidie** (wie Fig. 96 und wie Fig. 14, Taf. VIII, von der linken Seite betrachtet). *sk* Kiemensack. *v* Magen. *i* Enddarm. *c* Herz. *t* Hoden. *vd* Samenleiter. *o* Eierstock. *o'* Reife Eier in der Leibeshöhle. (Nach MILNE-EDWARDS.)

Fig. 114. Das **Lanzetthierchen** (*Amphioxus lanceolatus*) zweimal vergrössert, von der linken Seite gesehen (die Längsaxe steht senkrecht: das Mundende ist nach oben, das Schwanzende nach unten gerichtet, ebenso wie auf Taf. VIII, Fig. 15). *a* Mundöffnung, von Bartfäden umgeben. *b* Afteröffnung. *c* Bauchöffnung (Abdominal-Porus).

gefördert und für deren Wirksamkeit musste eine innere feste Ansatzleiste von grossem Vortheile sein. Eine solche konnte durch eine ausgedehnte Verwachsung der Keimblätter in der Längsaxe des Körpers entstehen, und indem sich aus diesem „Axenstrange" ein selbstständiger Skelet-Strang als fester „Axenstab" differenzirte, war die Chorda fertig (vergl. Fig. 43, 44, S. 201). In Correlation zur Ausbildung dieses centralen Axenstabes verlängerte sich dann weiterhin der einfache, über dem Schlunde gelegene Nervenknoten der Scoleciden zu einem Nervenstrange, der oberhalb der Chorda von vorn nach hinten sich ausdehnte: so entstand die Anlage des Markrohres.

Da wir die hohe Bedeutung, welche die Ascidien (Fig. 113) in dieser Hinsicht besitzen, sowie ihre nahen Beziehungen zum Amphioxus (Fig. 114) schon früher ausführlich gewürdigt haben, so wollen wir uns hier nicht länger dabei aufhalten; und ich will nur nochmals hervorheben, dass wir nicht etwa (wie irrthümlich behauptet worden ist), die Ascidie als directe Stammform des Amphioxus und der übrigen Wirbelthiere anzusehen haben. Vielmehr dürfen wir nur sagen: die Ascidien einerseits, die Wirbelthiere anderseits stammen gemeinsam von einer längst ausgestorbenen unbekannten Würmerform ab, deren nächste Verwandte unter den heute noch lebenden Thierformen die Ascidien-Larven und die Appendicularien (Fig. 112) sind. Jene unbekannte gemeinsame Stammform selbst muss in die Gruppe der Chordathiere oder Chordonier gehört haben, die wir als die achte Ahnenstufe unseres menschlichen Stammbaumes aufführen [88]). Wenn wir uns auch von der äusseren Körperform und inneren Organisation dieser Chordonier nicht in jeder Hinsicht eine völlig befriedigende Vorstellung machen können, so unterliegt es doch keinem Zweifel, dass sie gleich den nächstverwandten Tunicaten und gleich den vorhergehenden Ahnenstufen der Scoleciden und Archelminthen im natürlichen Systeme des Thierreichs als echte Würmer classificirt werden müssen. Der Unterschied zwischen ihnen und anderen echten Würmern wird nicht grösser gewesen sein, als es noch heutzutage der Unterschied zwischen den Bandwürmern und Ringelwürmern ist.

---

d Kiemenkorb. *e* Magen. *f* Leber-Blinddarm. *g* Enddarm. *h* Leibeshöhle (Coelom). *i* Chorda (Axenstab), unter derselben die Aorta. *k* Aortenbogen. *l* Stamm der Kiemenarterie. *m* Anschwellungen an den Aesten derselben. *n* Hohlvene. *o* Darmvene.

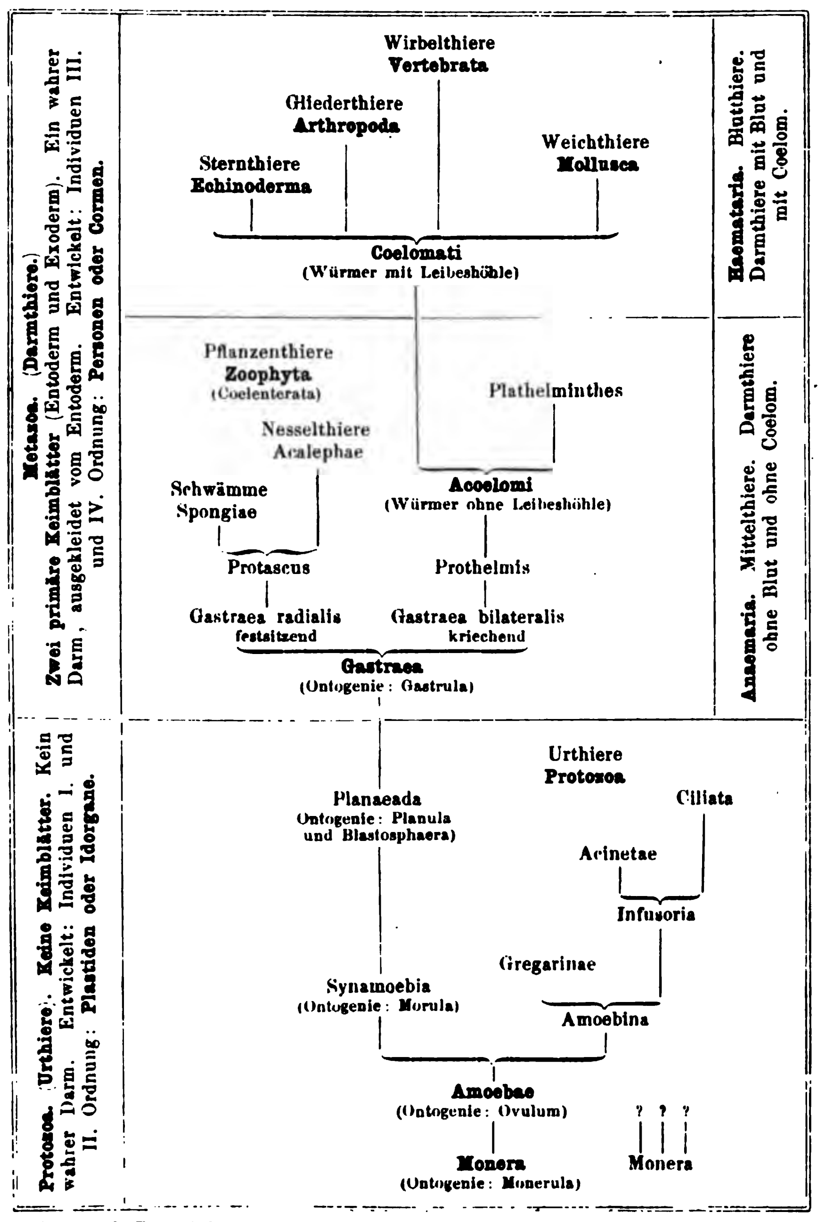
Dreizehnte Tabelle.

Uebersicht über das phylogenetische System des Thierreichs, gegründet auf die Gastraea-Theorie und die Homologie der Keimblätter [13].

Stämme oder Phylen des Thierreichs	Hauptklassen oder Stammäste des Thierreichs	Klassen des Thierreichs	Systematischer Name der Klassen
	Erstes Unterreich: Urthiere (Protozoa). Thiere ohne Keimblätter, ohne Darm, ohne eigentliche Gewebe.		
A. Urthiere Protozoa	I. Eithiere *Ovularia*	1. Moneren	1. Monera
		2. Amoeben	2. Amoebina
		3. Gregarinen	3. Gregarinae
	II. Infusionsthiere *Infusoria*	4. Sauginfusorien	4. Acinetae
		5. Wimperinfusorien	5. Ciliatae
	Zweites Unterreich: Darmthiere (Metazoa). Thiere mit zwei primären Keimblättern, mit Darm, mit Geweben.		
B. Pflanzenthiere Zoophyta	III. Schwammthiere *Spongiae*	6. Gastraeaden	6. Gastraeada
		7. Schwämme	7. Porifera
	IV. Nesselthiere *Acalephae*	8. Korallen	8. Coralla
		9. Schirmquallen	9. Hydromedusae
		10. Kammquallen	10. Ctenophora
C. Wurmthiere Vermes	V. Dichtwürmer *Acoelomi*	11. Urwürmer	11. Archelminthes
		12. Plattwürmer	12. Plathelminthes
	VI. Blutwürmer *Coelomati*	13. Rundwürmer	13. Nemathelminthes
		14. Rüsselwürmer	14. Rhynchocoela
		15. Eichelwürmer	15. Enteropneusta
		16. Mantelthiere	16. Tunicata
		17. Mosthiere	17. Bryozoa
		18. Räderthiere	18. Rotatoria
		19. Sternwürmer	19. Gephyrea
		20. Ringelwürmer	20. Annelida
D. Weichthiere Mollusca	VII. Kopflose *Acephala*	21. Taschein	21. Spirobranchia
		22. Muscheln	22. Lamellibranchia
	VIII. Kopfträger *Eucephala*	23. Schnecken	23. Cochlides
		24. Kracken	24. Cephalopoda
E. Sternthiere Echinoderma	IX. Gliederarmige *Colobrachia*	25. Seesterne	25. Asterida
		26. Seelilien	26. Crinoida
	X. Armlose *Lipobrachia*	27. Seeigel	27. Echinida
		28. Seegurken	28. Holothuriae
F. Gliederthiere Arthropoda	XI. Kiemenkerfe *Carides*	29. Krebsthiere	29. Crustacea
	XII. Tracheenkerfe *Tracheata*	30. Spinnen	30. Arachnida
		31. Tausendfüsser	31. Myriapoda
		32. Insecten	32. Insecta
G. Wirbelthiere Vertebrata	XIII. Schädellose *Acrania*	33. Rohrherzen	33. Leptocardia
	XIV. Unpaarnasen *Monorhina*	34. Rundmäuler	34. Cyclostoma
	XV. Amnionlose *Anamnia*	35. Fische	35. Pisces
		36. Lurchfische	36. Dipneusta
		37. Lurche	37. Amphibia
	XVI. Amnionthiere *Amniota*	38. Schleicher	38. Reptilia
		39. Vögel	39. Aves
		40. Säugethiere	40. Mammalia

Vierzehnte Tabelle.

Monophyletischer Stammbaum des Thierreichs, gegründet auf die Gastraea-Theorie und die Homologie der Keimblätter[13]).



Somit haben wir jetzt die wichtigsten Thierformen des menschlichen Stammbaums kennen gelernt, welche im zoologischen Systeme zu dem Stamme der Würmer gerechnet werden müssen. Indem wir diesen niederen Stamm verlassen und unsere Ahnen-Reihe von nun an ausschliesslich innerhalb des Wirbelthier-Stammes weiter verfolgen, trennen wir uns zugleich von der grossen Hauptmasse des Thierreichs, welche nach ganz anderen Richtungen hin aus dem Würmer-Stamme hervorgegangen ist. Als ich in einem früheren Vortrage (IX) „die Wirbelthier-Natur des Menschen" begründete, habe ich Ihnen bereits gelegentlich mitgetheilt, dass die überwiegend grosse Mehrzahl der Thiere gar keine unmittelbaren Verwandtschafts-Beziehungen zu unserem Stamme besitzt. Allerdings haben auch die Stammformen der drei anderen höheren Thierstämme (der Gliederthiere, Sternthiere und Weichthiere) aus dem Würmerstamme ihren Ursprung genommen; allein die Stammformen derselben gehören ganz anderen Abtheilungen der Würmer als die Chordonier an. Nur ganz unten an der gemeinsamen Wurzel der Coelomaten-Gruppe könnten wir eine gemeinsame Abstammung dieser verschiedenen Stammformen vermuthen. (Vergl. die XIII. und XIV. Tabelle, S. 416, 417.)

Die Gliederthiere (*Arthropoda*), zu denen die umfangreichste aller Thierklassen, die der Insecten gehört, ferner die Spinnen und Tausendfüsse, sowie die Krebsthiere oder Crustaceen, sind Descendenten von gegliederten Würmern, die in den heutigen Ringelwürmern (Anneliden) ihre nächsten Verwandten besitzen. Von ähnlichen gegliederten Würmern ist auch der Stamm der Sternthiere (*Echinoderma*) abzuleiten, zu denen die Seesterne, Seelilien, Seeigel und Seegurken gehören [63]. Auch die Stammform der Weichthiere (*Mollusca*), die aus den Kracken und Schnecken, Muscheln und Tascheln bestehen, ist unter den Würmern zu suchen. Allein diejenigen Coelomaten, welche diesen drei höheren Thierstämmen den Ursprung gegeben haben, waren ganz anderer Natur als die Chordonier. Sie haben niemals gleich den letzteren eine Chorda dorsalis entwickelt. Niemals hat sich bei ihnen der vordere Abschnitt des Darmrohres zu einem Kiemenkorbe mit Kiemenspalten umgestaltet; niemals hat sich ihr oberer Schlundknoten zu einem Markrohr ausgebildet. Mit einem Worte, niemals sind bei den Gliederthieren, Sternthieren und Weichthieren und bei ihren Coelomaten-Ahnen jene typischen Organisations-Eigenthümlichkeiten aufgetreten, welche bloss

den Stamm der Wirbelthiere und seine nächsten wirbellosen Vorfahren charakterisiren. Es fällt mithin jetzt für unsere Betrachtung die grosse Mehrzahl aller Thiere ganz hinweg und wir haben uns nur noch mit dem Stamme der Wirbelthiere zu beschäftigen.

Die Entstehung der Wirbelthiere aus den nächstverwandten Wirbellosen, aus den Chordoniern, fand schon vor vielen Millionen Jahren statt und fällt jedenfalls noch in das archolithische Zeitalter, in die erste Hälfte der organischen Erdgeschichte. (Vergl. die VII. Tabelle, S. 350). Diese Thatsache geht unzweifelhaft daraus hervor, dass die jüngsten sedimentären Gebirgsschichten, welche während jenes ungeheuren Zeitraumes abgelagert wurden, die obersten Schichten der ober-silurischen Formation, bereits Reste von versteinerten Fischen (und zwar Urfischen) enthalten. Da diese Fische, obwohl auf der tiefsten Stufe unter den Schädelthieren stehend, doch schon eine verhältnissmässig hohe Organisation besitzen, und da ihnen nothwendig eine lange Entwickelungsreihe von niederen schädellosen Wirbelthieren vorausgegangen sein muss, so müssen wir die Entstehung der ältesten Schädellosen aus den Chordathieren schon in einen viel früheren Abschnitt des archolithischen Zeitalters setzen. Es haben demnach nicht nur die sämmtlichen wirbellosen Vorfahren unseres Geschlechtes, sondern auch die ältesten Stufen unserer Wirbelthier-Ahnen schon in jener altersgrauen Vorzeit sich entwickelt, welche die laurentische, cambrische und silurische Periode umfasst. (Vergl. die IX. Tabelle, S. 357, und die XI. Tabelle, S. 378.)

Die Paläontologie kann uns leider weder über die Beschaffenheit unserer ältesten Wirbelthier-Ahnen, noch über die Zeit ihres Auftretens irgend etwas aussagen. Denn ihr Körper war eben so weich und entbehrte ebenso sehr aller festen und versteinerungsfähigen Bestandtheile, wie der Körper aller unserer vorausgegangenen wirbellosen Vorfahren. Es ist daher nicht zu verwundern, vielmehr ganz natürlich, dass wir von ihnen keine versteinerten Reste in den archolithischen Formationen finden. Erst mit den Fischen, bei denen das weiche Knorpel-Skelet sich theilweise in feste Knochen verwandelte, treten solche Wirbelthiere auf, die uns versteinerte Documente ihrer Existenz und ihres Baues hinterlassen konnten.

Glücklicherweise wird dieser Mangel mehr als aufgewogen durch die viel wichtigeren Zeugnisse der vergleichenden Anatomie und Ontogenie, die von nun an innerhalb des Wirbelthier-Stammbaumes un-

sere sichersten Leitsterne bilden. Dank den classischen Untersuchungen von GEORGE CUVIER, JOHANNES MÜLLER, THOMAS HUXLEY und vor Allen von CARL GEGENBAUR, gebieten wir jetzt schon in diesem wichtigsten Abschnitte unserer Stammesgeschichte über so ausgedehnte und lehrreiche Schöpfungsurkunden, dass wir mit der erfreulichsten Sicherheit wenigstens die bedeutendsten Grundzüge der Entwickelungsfolge unserer Wirbelthier-Ahnen feststellen können.

Die charakteristischen Eigenthümlichkeiten, durch welche sich sämmtliche Wirbelthiere von sämmtlichen Wirbellosen unterscheiden, haben wir früher bereits gewürdigt, als wir den Körperbau des idealen Urwirbelthieres untersuchten (Fig. 115). Vor allen anderen Merkmalen traten in den Vordergrund: 1) die Ausbildung der Chorda

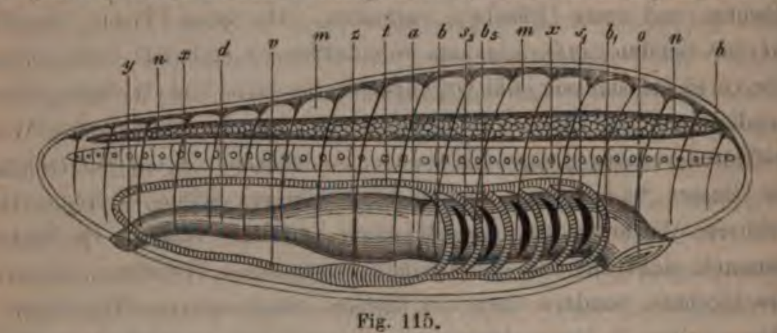


Fig. 115.

zwischen Markrohr und Darmrohr; 2) die Sonderung des Darmrohres in einen vorderen Kiemendarm und hinteren Magendarm; 3) die innere Gliederung oder Metamerenbildung. Die beiden ersten Eigenschaften theilen die Wirbelthiere noch mit den Ascidien-Larven und den Chordoniern; die dritte Eigenschaft besitzen sie allein. Demnach bestand der wichtigste Fortschritt in der Organisation, durch

Fig. 115. **Längsschnitt durch das ideale Urbild des Wirbelthieres.** Der Schnitt geht parallel der Mittelebene (Längsaxe und Pfeilaxe) des Urwirbelthieres; das Mundende ist nach rechts, das Afterende (oder Schwanzende) nach links gerichtet. Ueber dem Axenstabe (*x*) liegt das Markrohr (*n*), unter demselben das Darmrohr (*d*). Dieses öffnet sich von vorn durch den Mund (*o*), hinten durch den After (*y*). In dem vorderen Abschnitte des Darmes sind 5 Kiemenspalten jederseits sichtbar (s_1—s_5). Zwischen diesen verlaufen 5 Kiemengefässbogen (b_1—b_5). *t* Hauptarterie (Rückengefäss). *v* Hauptvene (Bauchgefäss). *z* Herz. *a* Magen. *m* Seitenrumpfmuskel. *h* Oberhaut.

welchen die ältesten Wirbelthier-Formen aus den nächst verwandten Chordoniern hervorgingen, in dem Erwerb der inneren Metamerenbildung. Diese zeigte sich zunächst am deutlichsten in der Gliederung des Muskelsystems, welches rechts und links in eine Reihe hinter einander gelegener Muskelplatten zerfiel (Fig. 115 *m*). Erst später prägte sich die Gliederung auch am Skelet, am Nervensystem und am Blutgefässsystem deutlich aus. Wie wir schon früher gesehen haben, ist dieser Process der Gliederung oder Metameren-Bildung wesentlich als terminale Knospenbildung aufzufassen. Jedes einzelne Rumpfsegment oder Metamer hat seinen individuellen Formwerth. Die ganze Kette der hintereinander gelegenen Metameren entsteht aus einem einzigen ursprünglichen Metamer durch terminale Knospung (vergl. S. 246). Die innerlich gegliederten Wirbelthiere verhalten sich daher zu ihren ungegliederten wirbellosen Vorfahren, den Chordoniern, ganz ähnlich, wie die äusserlich gegliederten Ringelwürmer und Gliederthiere zu den einfachen ungegliederten Würmern, aus denen sie entstanden sind.

Das Verständniss der Stammesgeschichte der Wirbelthiere wird sehr erleichtert durch die naturgemässe Classification des Stammes, welche ich zuerst in meiner generellen Morphologie (1866) vorgeschlagen und später in der natürlichen Schöpfungsgeschichte mehrfach verbessert habe. (Vergl. die V. Aufl. der letzteren, XX. Vortrag, S. 502, 512 u. s. w.) Danach müssen wir unter den heute noch lebenden Wirbelthieren mindestens folgende 8 Klassen unterscheiden:

Systematische Uebersicht der acht Wirbelthier-Klassen:

A. Schädellose, **Acrania**:			1. Rohrherzen	1. *Leptocardia*
B. Schädelthiere **Craniota**	a. Unpaarnasen, **Monorhina**:		2. Rundmäuler	2. *Cyclostoma*
	b. Paarnasen **Amphirhina**	I. Amnionslose **Anamnia**	3. Fische	3. *Pisces*
			4. Lurchfische	4. *Dipneusta*
			5. Amphibien	5. *Amphibia*
		II. Amnionthiere **Amniota**	6. Reptilien	6. *Reptilia*
			7. Vögel	7. *Aves*
			8. Säugethiere	8. *Mammalia*

Der ganze Stamm der Wirbelthiere zerfällt zunächst in die beiden Hauptabtheilungen der Schädellosen und der Schädelthiere. Von der älteren und niederen Abtheilung der Schädellosen (*Acrania*) lebt heutzutage nur noch der Amphioxus. Zu der jüngeren und höheren Abtheilung der Schädelthiere (*Craniota*) gehören alle

übrigen Wirbelthiere bis zum Menschen hinauf. Die Schädelthiere stammen von den Schädellosen ab, wie diese von den Chordathieren. Die ausführliche Untersuchung, welche wir über die vergleichende Anatomie und Ontogenie der Ascidie und des Amphioxus anstellten, wird Sie bereits von diesen wichtigen Beziehungen überzeugt haben. (Vergl. den XIII. und XIV. Vortrag, sowie Taf. VII und VIII nebst Erklärung.) Als die wichtigste Thatsache von der grössten Tragweite will ich nur nochmals hervorheben, dass der Amphioxus sich ganz in derselben Weise aus dem Ei entwickelt, wie die Ascidie. Bei beiden entsteht auf ganz gleichem Wege aus dem total gefurchten Ei die typische Gastrula (Taf. VII, Fig. 4 und 10); und aus dieser geht jene merkwürdige Larvenform hervor, welche auf der Rückenseite des Darmrohrs ein Markrohr, und zwischen beiden Röhren eine Chorda entwickelt. Später sondert sichdann das Darmrohr (ebenso bei der Ascidie wie beim Amphioxus) in den vorderen Kiemendarm und den hinteren Magendarm. Diese fundamentalen Thatsachen können wir nach dem biogenetischen Grundgesetze für unsere Phylogenie direct zu dem wichtigen Satze verwerthen: Der Amphioxus, die niederste Wirbelthierform, und die Ascidie, die nächst verwandte wirbellose Thierform, stammen beide von einer und derselben ausgestorbenen Wurmform ab, welche im Wesentlichen die Organisation der Chordonier besessen haben muss.

Nun ist aber der Amphioxus, wie schon mehrfach hervorgehoben wurde, nicht allein deshalb von ganz ausserordentlicher Bedeutung, weil er in dieser Weise die tiefe Kluft zwischen den Wirbellosen und den Wirbelthieren ausfüllt, sondern auch deshalb, weil er uns das typische Wirbelthier in seiner einfachsten Gestalt noch heute vorführt, und weil er uns unmittelbar die wichtigsten Anhaltspunkte liefert, um die allmähliche historische Entwickelung des ganzen Stammes zu verstehen. Wenn uns der Körperbau und die Keimesgeschichte des Amphioxus unbekannt wären, so würde das ganze Verständniss der Entwickelung des Wirbelthierstammes und somit auch unseres eigenen Geschlechts von einem dichten Schleier verhüllt sein. Erst die genaue anatomische und ontogenetische Kenntniss des Amphioxus, die wir in den letzten Jahren gewonnen haben, hat jenen dichten, früher für undurchdringlich gehaltenen Schleier gelüftet. Wenn Sie den Amphioxus mit dem entwickelten Menschen oder irgend einem anderen höheren Wirbelthiere vergleichen, so ergiebt

sich eine Menge von höchst auffallenden Unterschieden. Der Amphioxus hat, wie Sie wissen, noch keinen gesonderten Kopf, noch kein Gehirn, keinen Schädel, keine Kiefer, keine Gliedmaassen; ebenso fehlt ihm ein centralisirtes Herz, eine entwickelte Leber und Niere, eine gegliederte Wirbelsäule; alle einzelnen Organe erscheinen viel einfacher und ursprünglicher als bei den höheren Wirbelthieren und dem Menschen gebildet. (Vergl. die VI. Tabelle, S. 339.) Und dennoch, trotz aller dieser mannichfachen Abweichungen von dem Bau aller übrigen Wirbelthiere, ist der Amphioxus ein echtes, ein unzweifelhaftes Wirbelthier; und wenn wir statt des entwickelten Menschen den menschlichen Embryo aus einer frühen Periode der Ontogenese mit dem Amphioxus vergleichen, so finden wir zwischen Beiden in allen wesentlichen Stücken völlige Uebereinstimmung. (Vergl. die V. Tabelle, S. 338.) Diese höchst bedeutungsvolle Uebereinstimmung berechtigt uns zu dem Schlusse, dass sämmtliche Schädelthiere von einer gemeinsamen uralten Stammform abstammen, welche im Wesentlichen dem Amphioxus gleichgebildet war. Diese Stammform, das älteste „Urwirbelthier" (*Provertebratum*) (Fig. 115), besass bereits die Charaktere des Wirbelthieres als solchen, und dennoch fehlten ihm alle jene wichtige Eigenthümlichkeiten, welche die Schädelthiere vor den Schädellosen auszeichnen. Wenn nun auch der Amphioxus in mancher Beziehung eigenthümlich organisirt erscheint und nicht etwa als ein unveränderter Abkömmling jenes Urwirbelthieres betrachtet werden kann, so wird er doch die bereits angeführten entscheidenden Charakterzüge von ihm geerbt haben. Wir dürfen daher nicht sagen: „Amphioxus ist der Stammvater der Wirbelthiere;" wohl aber dürfen wir sagen: „Amphioxus ist unter allen uns bekannten Thieren der nächste Verwandte dieses Stammvaters;" er gehört mit ihm in dieselbe engere Familien-Gruppe, in jene niederste Wirbelthier-Klasse, welche wir Schädellose (*Acrania*) nennen. In unserem menschlichen Stammbaum bildet diese Stammgruppe die neunte Stufe unserer Vorfahren-Kette, die erste Stufe unter den Wirbelthier-Ahnen (vergl. S. 378). Aus dieser Acranier-Gruppe ist einerseits der Amphioxus, anderseits die Stammform der Schädelthiere, der Cranioten, hervorgegangen[89]).

Die umfangreiche Hauptabtheilung der Schädelthiere (*Craniota*) umfasst alle uns bekannten Wirbelthiere, mit einziger Ausnahme des Amphioxus. Alle diese Schädelthiere besitzen einen deut-

lichen, vom Rumpfe innerlich gesonderten Kopf, und dieser enthält einen Schädel, in welchem ein Gehirn eingeschlossen liegt. Dieser Kopf ist zugleich der Träger von drei höheren Sinnesorganen, die den Schädellosen theilweise noch fehlten (Nase, Auge, Ohr). Das Gehirn erscheint anfänglich nur in sehr einfacher Form, als eine vordere blasenförmige Auftreibung des Rückenmarkrohres (Taf. VIII, Fig. 16 m_1). Bald aber zerfällt die letztere durch mehrere quere Einschnürungen in anfänglich drei, später fünf hinter einander liegende Abtheilungen. Das sind die fünf primitiven Hirnblasen, aus denen sich das Gehirn, das Seelenorgan der Schädelthiere, in sehr mannichfaltigen Richtungen entwickelt. In dieser Ausbildung von Kopf, Schädel und Gehirn nebst den höheren Sinnesorganen liegt der wesentlichste Fortschritt, den die Stammformen der Schädelthiere über ihre Vorfahren, die Schädellosen, hinaus thaten. Ausserdem fanden aber auch andere Organe schon frühzeitig einen höheren Grad der Entwickelung: es erschien ein compactes centralisirtes Herz, eine höher ausgebildete Leber und Niere; und auch in anderen Beziehungen machten sich bedeutungsvolle Fortschritte geltend.

Wir können unter den Schädelthieren zunächst wiederum zwei verschiedene Hauptabtheilungen trennen, nämlich die Unpaarnasen (*Monorhina*) und die Paarnasen (*Amphirhina*). Von den ersteren leben heutzutage nur noch sehr wenige Formen, welche gewöhnlich Rundmäuler (*Cyclostomi*) genannt werden. Diese sind aber deshalb von hohem Interesse, weil sie ihrer ganzen Organisation nach zwischen den Schädellosen und den Paarnasen stehen. Sie sind viel höher organisirt als die Acranier, viel niedriger als die Amphirhinen; und stellen auf diese Weise eine sehr willkommene phylogenetische Zwischengruppe zwischen beiden Abtheilungen dar. Wir dürfen sie daher als eine besondere, zehnte Stufe in unserer menschlichen Ahnen-Reihe aufführen.

Die wenigen, heute noch lebenden Arten der Cyclostomen-Klasse vertheilen sich auf zwei verschiedene Ordnungen, welche als Inger und Lampreten bezeichnet werden. Die Inger oder Schleimfische (*Myxinoides*) haben einen langgestreckten, cylindrischen, wurmähnlichen Körper. Sie wurden von LINNÉ zu den Würmern, von anderen Zoologen später bald zu den Fischen, bald zu den Amphibien, bald zu den Mollusken gerechnet. Die Myxinoiden leben im Meere, gewöhnlich schmarotzend auf Fischen, in deren Haut sie sich mit-

telst ihres runden Saugmundes und ihrer mit Zähnen bewaffneten Zunge einbohren. Bisweilen findet man sie in der Leibeshöhle der Fische (z. B. des Dorsches und Störes); sie sind dann auf ihrer Wanderung durch die Haut des Fisches bis in das Innere durchgedrungen. Die zweite Ordnung, die Lampreten (*Petromyzontes*), umfasst die bekannten Neunaugen oder Pricken, die Sie alle in marinirtem Zustande kennen werden: das kleine Flussneunauge (*Petromyzon fluviatilis*) und das grosse Seeneunauge (*Petromyzon marinus*, Fig. 116).

Man bezeichnet die Thierklasse, welche durch die beiden Gruppen der Myxinoiden und Petromyzonten gebildet wird, mit dem Namen Rundmäuler oder Kreismündige (*Cyclostomi*), weil ihr Mund eine kreisrunde oder halbkreisrunde Oeffnung bildet. Die Kiefer (Oberkiefer und Unterkiefer) welche allen höheren Wirbelthieren zukommen, fehlen den Cyclostomen vollständig, ebenso wie dem Amphioxus. Alle übrigen Wirbelthiere stehen ihnen daher als Kiefermündige (*Gnathostomi*) gegenüber. Man kann die Cyclostomen auch als Unpaarnasen (*Monorhina*) bezeichnen, weil sie nur ein einziges unpaares Nasenrohr besitzen, während die Kiefermündigen sämmtlich mit einem Paar Nasenhöhlen versehen sind, einer rechten und einer linken Nasenhöhle (Paarnasige, *Amphirhina*). Aber auch abgesehen von diesen Eigenthümlichkeiten zeichnen sich die Cyclostomen durch viele andere sonderbare Einrichtungen ihres Körperbaues aus und sind von den Fischen weiter entfernt, als die Fische vom Menschen. Wir müssen sie daher offenbar als die letzten Ueberbleibsel einer sehr alten und sehr tief stehenden Wirbelthier-Klasse betrachten, welche noch lange



Fig. 116.

Fig. 116. Das grosse Neunauge oder die See-Lamprete (*Petromyzon marinus*), stark verkleinert. Hinter dem Auge ist die Reihe von sieben Kiemenspalten jederseits sichtbar.

nicht die Organisationshöhe eines wirklichen echten Fisches erreicht hatte. Um nur das Wichtigste hier kurz anzuführen, so fehlt den Cyclostomen noch jede Spur von Gliedmaassen. Ihre schleimige Haut ist ganz nackt und glatt, ohne Schuppen. Ein Knochengerüste fehlt ganz. Das innere Axen-Skelet ist noch eine ganz einfache Chorda ohne Gliederung wie beim Amphioxus. Nur bei den Petromyzonten zeigt sich insofern ein erster Anfang der Gliederung, als in dem von der Chordascheide ausgehenden Wirbelrohr obere Bogen auftreten. Am vordersten Ende der Chorda entwickelt sich ein Schädel in seiner allereinfachsten Gestalt. Aus der Chordascheide entsteht hier eine weichhäutige, theilweise in Knorpel sich verwandelnde, kleine Schädelkapsel, welche das Gehirn einschliesst. Der wichtige Apparat der Kiemenbogen, des Zungenbeins etc., der sich von den Fischen bis zum Menschen vererbt, fehlt den Rundmäulern ebenfalls. Sie haben allerdings ein knorpeliges oberflächlich gelegenes Kiemengerüste, aber von ganz anderer morphologischer Bedeutung. Hingegen treffen wir hier zum ersten Male das G e h i r n an, jenes wichtige Seelen-Organ, welches sich von den Monorhinen bis zum Menschen hinauf vererbt hat. Freilich erscheint das Gehirn bei den Cyclostomen nur als eine sehr kleine und verhältnissmässig unbedeutende Anschwellung des Rückenmarks; anfangs als einfache Blase (Taf. VIII, Fig. 16 m_1), welche später in fünf hinter einander liegende Hirnblasen zerfällt, gleich dem Gehirn aller Amphirhinen. Diese fünf einfachen primitiven Hirnblasen, welche bei den Embryonen aller höheren Wirbelthiere ganz gleichmässig, von den Fischen bis zum Menschen hinauf, wiederkehren, und sich hier in sehr complicirte Gebilde verwandeln, bleiben bei den Cyclostomen auf einer sehr indifferenten und niederen Bildungsstufe stehen. Auch die histologische Elementar-Structur des Nervensystems ist unvollkommener als bei den übrigen Wirbelthieren. Während bei diesen das Gehörorgan immer drei Ringcanäle enthält, besitzen die Petromyzonten deren nur zwei und die Myxinoiden gar nur einen. Auch in den meisten übrigen Punkten ist die Organisation der Cyclostomen noch einfacher und unvollkommener, so z. B. in der Bildung des Herzens, des Kreislaufes, der Nieren. Der vordere Abschnitt des Darmcanals bildet allerdings auch hier, wie beim Amphioxus, die respiratorischen Kiemen. Allein diese Athmungsorgane entwickeln sich hier in ganz eigenthümlicher Weise: nämlich in Form von 6—7 Paar Beuteln oder

Säckchen, welche zu beiden Seiten des Vorderdarmes liegen und durch innere Oeffnungen in den Schlund, durch äussere Oeffnungen auf der äusseren Haut münden. Das ist eine sehr eigenthümliche Ausbildung der Athmungsorgane, welche für diese Thierklasse ganz bezeichnend ist. Man hat sie daher auch Beutelkiemer (*Marsipobranchii*) genannt. Besonders hervorzuheben ist noch der Mangel eines sehr wichtigen Organes, welchem wir bei den Fischen begegnen, nämlich der Schwimmblase, aus welcher sich bei den höheren Wirbelthieren die Lunge entwickelt hat.

Wie demnach die Cyclostomen in ihrem gesammten anatomischen Körperbau vielerlei Eigenthümlichkeiten darbieten, so auch in der Keimesgeschichte. Eigenthümlich ist schon ihre Eifurchung, welche sich am nächsten an diejenige der Amphibien anschliesst (subtotale inaequale Furchung, S. 166). Sodann entwickelt sich aus dem gefurchten Ei eine sehr einfach organisirte Larvenform, welche sich ganz nahe an den Amphioxus anschliesst, und welche wir deshalb schon früher betrachtet und mit letzterem verglichen haben (S. 308 und Taf. VIII, Fig. 16). Die stufenweise Keimes-Entwickelung dieser Cyclostomen-Larve erläutert uns sehr klar und einleuchtend die allmähliche Stammes-Entwickelung der Schädelthiere aus den Schädellosen. Später geht aus dieser einfachen Petromyzon-Larve eine blinde und zahnlose Larvenform hervor, welche von der erwachsenen Lamprete so sehr verschieden ist, dass sie bis vor zwanzig Jahren allgemein als eine besondere Fischgattung unter dem Namen Querder (*Ammocoetes*) beschrieben wurde. Erst durch eine weitere Metamorphose verwandelt sich später dieser blinde und zahnlose Ammocoetes in die mit Augen und Zähnen versehene Lamprete (*Petromyzon*)[90].

Wenn wir alle diese Eigenthümlichkeiten in dem Körperbau und in der Keimesgeschichte der Cyclostomen zusammenfassen, so dürfen wir folgenden Satz aufstellen: Die ältesten Schädelthiere oder Cranioten haben sich in zwei Linien gespalten; die eine dieser Linien ist uns noch heute in wenig verändertem Zustande erhalten: dies sind die Cyclostomen oder Monorhinen, eine wenig fortgeschrittene, auf tiefer Stufe stehen gebliebene Seitenlinie. Die andere Linie, die Hauptlinie des Wirbelthierstammes, setzte sich in gerader Richtung bis zu den Fischen fort und erwarb durch neue Anpassungen eine Menge wichtiger Vervollkommnungen.

Um die phylogenetische Bedeutnng solcher interessanten Ueberbleibsel uralter Thiergruppen wie es die Cyclostomen sind, richtig zu würdigen, ist es nothwendig, ihre mannichfachen Eigenthümlichkeiten mit dem philosophischen Messer der vergleichenden Anatomie kritisch zu prüfen. Man muss namentlich einerseits zwischen jenen hereditären Charakteren wohl unterscheiden, welche sich durch Vererbung von gemeinsamen, uralten, ausgestorbenen Vorfahren bis auf den heutigen Tag getreu erhalten haben; und anderseits jenen besonderen adaptativen Merkmalen, welche die heute noch lebenden Ueberbleibsel jener uralten Gruppe im Laufe der Zeit erst secundär durch Anpassung erworben haben. Zu diesen letzteren gehören z. B. bei den Cyclostomen die eigenthümliche Bildung der unpaaren Nase und des runden Saugmaules; sowie besondere Structur-Verhältnisse der äusseren Haut und der beutelförmigen Kiemen. Zu jenen ersteren Charakteren hingegen, die in phylogenetischer Beziehung allein Bedeutung besitzen, gehört die primitive Bildung der Wirbelsäule und des Gehirns, der Mangel der Schwimmblase, der Kiefer und der Extremitäten u. s. w.

Die Cyclostomen werden im zoologischen Systeme allgemein zu den Fischen gestellt; allein wie falsch dies ist, ergiebt sich einfach aus der Erwägung, dass in allen wichtigen und auszeichnenden Organisations-Eigenthümlichkeiten die Cyclostomen von den Fischen weiter entfernt sind, als die Fische von den Säugethieren und vom Menschen. Wie Sie demnächst sehen werden, begegnen wir bei den echten Fischen bereits einer Masse von wichtigen Structur-Verhältnissen, welche sich von diesen aus bis auf den Menschen vererbt haben. Mit der Klasse der Fische im engeren Sinne nach Ausschluss der Acranier und Cyclostomen, mit der Klasse der echten Fische, wie wir sie heutzutage umschreiben, beginnt demgemäss eine neue Epoche in der Geschichte des Wirbelthier-Stammes. Erst mit den Fischen tritt das paarnasige und kiefermündige Wirbelthier auf, als dessen höchste Entwickelungsform schliesslich der Mensch erscheint.

Achtzehnter Vortrag.

Die Ahnen-Reihe des Menschen.

III. Vom Urfisch bis zum Amnionthier.

„Die Phantasie ist ein unentbehrliches Gut; denn sie ist es, durch welche neue Combinationen zur Veranlassung wichtiger Entdeckungen gemacht werden. Die Kraft der Unterscheidung des isolirenden Verstandes sowohl, als der erweiternden und zum Allgemeinen strebenden Phantasie sind dem Naturforscher in einem harmonischen Wechselwirken nothwendig. Durch Störung dieses Gleichgewichts wird der Naturforscher von der Phantasie zu Träumereien hingerissen, während diese Gabe den talentvollen Naturforscher von hinreichender Verstandesstärke zu den wichtigsten Entdeckungen führt.“

JOHANNES MÜLLER (1834).

Inhalt des achtzehnten Vortrages.

Die vergleichende Anatomie der Wirbelthiere. Die charakteristischen Eigenschaften der Paarnasen oder Kiefermündigen: die paarige Nase, der Kiemenbogen-Apparat mit den Kieferbogen, die Schwimmblase, die beiden Beinpaare. Verwandtschafts-Verhältniss der drei Fischgruppen: Urfische oder Selachier, Schmelzfische oder Ganoiden, Knochenfische oder Teleostier. Beginn des Landlebens auf der Erde. Verwandlung der Schwimmblase in die Lunge. Mittelstellung der Dipneusten zwischen den Urfischen und Amphibien. Die drei noch lebenden Dipneusten (Protopterus, Lepidosiren, Ceratodus). Umbildung der vielzehigen Fischflosse in den fünfzehigen Fuss. Ursachen und Wirkungen derselben. Abstammung aller höheren Wirbelthiere von einem fünfzehigen Amphibium. Mittelstellung der Amphibien zwischen den niederen und höheren Wirbelthieren. Verwandlung oder Metamorphose der Frösche. Verschiedene Stufen der Amphibien-Verwandlung. Kiemenlurche (Proteus und Axolotl). Schwanzlurche (Molche und Salamander). Froschlurche (Frösche und Kröten). Hauptgruppe der Amnionthiere oder Amnioten (Reptilien, Vögel und Säugethiere). Abstammung aller Amnioten von einer eidechsenartigen gemeinsamen Stammform (Protamnion). Erste Bildung der Allantois und des Amnion. Spaltung der Amnioten in zwei Linien: einerseits Reptilien (und Vögel), anderseits Säugethiere.

XVIII.

Meine Herren!

Je weiter wir in der Stammesgeschichte des Menschen vorwärts schreiten, desto mehr verengt sich das Gebiet des Thierreiches, auf dem wir nach ausgestorbenen Vorfahren des Menschengeschlechts zu suchen haben. Zugleich werden die Zeugnisse für die Entwickelungsgeschichte unseres Stammes, welche wir als Schöpfungsurkunden bezeichnet haben, die Zeugnisse der Ontogenie, der vergleichenden Anatomie und Paläontologie, immer zahlreicher, vollständiger und zuverlässiger. Daher ist es natürlich, dass, je mehr wir uns den höheren und höchsten Stufen des Thierreiches nähern, unsere Phylogenie eine desto bestimmtere Gestalt annehmen muss.

Insbesondere ist es die vergleichende Anatomie, welche bei diesen höheren Entwickelungsstufen des Thierreiches ungleich mehr als bei den niederen geleistet hat. Diese wichtige Wissenschaft, welche eine wahre Philosophie der organischen Formen erstrebt, ist in keiner Abtheilung der wirbellosen Thiere so vorgeschritten, wie im Stamme der Wirbelthiere. Nachdem hier schon GEORGE CUVIER, FRIEDRICH MECKEL und JOHANNES MÜLLER ein tiefes und umfangreiches Fundament geschaffen, ist die vergleichende Anatomie der Wirbelthiere neuerdings vorzüglich durch die trefflichen Untersuchungen von RICHARD OWEN und THOMAS HUXLEY mächtig gefördert, vor Allen aber durch die unübertroffenen Arbeiten von CARL GEGENBAUR so hoch ausgebildet worden, dass sie gegenwärtig zu den stärksten Stützen der Descendenz-Theorie gehört. Auf Grund dieser Zeugnisse können wir jetzt schon mit grosser Sicherheit die wichtigsten Grundzüge in der Stufenfolge und in der Verzweigung des Stammbaumes der Wirbelthiere erkennen.

Das systematische Gebiet, auf dem wir uns bewegen, hat sich schon jetzt, wo wir nicht einmal den archolithischen Zeitraum ver-

lassen haben, so sehr verengt, dass von den sieben Stämmen des Thierreiches nur noch ein einziger, derjenige der Wirbelthiere, überhaupt in Betracht kommt. Auch innerhalb dieses Stammes haben wir bereits die niedersten Stufen überschritten, und uns über die Schädellosen und Unpaarnasen bis zur Klasse der Fische erhoben, mit denen die grosse Hauptabtheilung der kiefermündigen Wirbelthiere oder der Paarnasen beginnt (Gnathostomen oder Amphirhinen). Wir haben nun zunächst von den Fischen weiter zu gehen, als von derjenigen Wirbelthierklasse, welche nach den Zeugnissen der vergleichenden Anatomie und Ontogenie mit absoluter Sicherheit als die Stammklasse sämmtlicher höheren Wirbelthiere, sämmtlicher Kiefermündigen angesehen werden muss. Selbstverständlich kann kein einziger der lebenden Fische als directe Stammform der höheren Wirbelthiere betrachtet werden. Aber eben so sicher dürfen wir alle Wirbelthiere, welche wir von den Fischen bis zum Menschen hinauf unter dem Namen der Paarnasigen begreifen, von einer gemeinsamen ausgestorbenen fischartigen Stammform ableiten. Wenn wir diese uralte Stammform lebendig vor uns hätten, würden wir sie zweifellos als einen echten Fisch bezeichnen und im System in der Fischklasse unterbringen. Glücklicherweise ist gerade die vergleichende Anatomie und Systematik der Fische (Dank den Arbeiten von JOHANNES MÜLLER und CARL GEGENBAUR) jetzt so weit vorgeschritten, dass wir diese fundamentalen und höchst interessanten Verhältnisse sehr klar übersehen können.

Um den Stammbaum unseres Geschlechtes innerhalb des Wirbelthierstammes richtig zu verstehen, ist es von grosser Bedeutung, die maassgebenden Charaktere fest im Auge zu behalten, welche die Fische und die sämmtlichen anderen Paarnasen von den Unpaarnasen und den Schädellosen trennen. Gerade in Bezug auf diese entscheidenden Charakter-Merkmale stimmen die Fische mit allen anderen Paarnasen bis zum Menschen hinauf überein, und gerade darauf gründen wir unseren Anspruch der Verwandtschaft mit den Fischen (vergl. die VI. Tabelle, S. 339). Als solche systematisch-anatomische Charaktere von höchster Bedeutung müssen namentlich folgende Eigenschaften der Amphirhinen oder Gnathostomen hervorgehoben werden: 1) die paarige Nasenbildung; 2) der innere Kiemenbogen-Apparat nebst den Kieferbogen; 3) die Schwimmblase oder Lunge; und 4) die beiden Beinpaare.

Was zunächst die Nasenbildung betrifft, auf deren Grund wir die Paarnasen von den Unpaarnasen trennen, so ist es sicher bedeutungsvoll, dass bei den Fischen schon die früheste Anlage der Nase aus zwei völlig getrennten seitlichen Gruben der Kopfoberfläche besteht, gerade so wie beim Embryo des Menschen und aller höheren Wirbelthiere (vergl. Fig. 73 und 74, S. 264). Hingegen ist bei den Unpaarnasen und ebenso bei den Schädellosen schon die erste Anlage der Nase von Anfang an eine einzige unpaare Grube in der Mitte der Stirngegend (Taf. VIII, Fig. 16 *n*). Nicht minder wichtig ist die höhere Ausbildung des Kiemenbogen-Gerüstes und des damit zusammenhängenden Kiefer-Apparates, die wir bei allen Amphirhinen von den Fischen bis zum Menschen hinauf antreffen. Allerdings ist die uralte, schon bei den Ascidien vorhandene Umbildung des Vorderdarms zum Kiemendarme ursprünglich bei allen Wirbelthieren auf dieselbe einfache Grundlage zurückzuführen, und ganz charakteristisch sind in dieser Beziehung die Kiemenspalten, welche bei sämmtlichen Wirbelthieren und ebenso bei den Ascidien die Wände des Kiemendarmes durchbohren. Allein das äussere Kiemengerüst, welches bei den Schädellosen und Unpaarnasen den Kiemenkorb stützt, wird bei sämmtlichen Paarnasen durch ein inneres Kiemengerüst verdrängt, das an des ersteren Stelle tritt. Dasselbe besteht aus einer Anzahl hinter einander gelegener knorpeliger Bogen, welche zwischen den Kiemenspalten innen in der Schlundwand liegen und den Schlund ringförmig von beiden Seiten her umgreifen. Das vorderste dieser Kiemenbogen-Paare gestaltet sich zum Kieferbogen, aus dem unser Oberkiefer und Unterkiefer entstanden ist. (Vergl. Taf. III, Fig. 13—16, sowie Taf. I, IV und V.)

Ein dritter wesentlicher Charakter sämmtlicher Paarnasen, durch welchen sie sich von den bisher betrachteten niederen Wirbelthieren sehr bedeutend unterscheiden, ist die Ausbildung eines Blindsackes, welcher sich aus dem vorderen Theile des Darmcanales hervorstülpt und zunächst bei den Fischen zu der mit Luft gefüllten Schwimmblase gestaltet (Taf. III, Fig. 13 *lu*). Indem dieses Organ durch den mehr oder weniger comprimirten Zustand der Luft, welche es enthält, oder durch die wechselnde Quantität dieses Luftgehaltes, dem Fische ein mehr oder weniger hohes specifisches Gewicht verleiht, dient es als hydrostatischer Apparat, mittelst dessen derselbe im Wasser auf- und niedersteigen kann. Diese Schwimmblase ist

wie wir gleich sehen werden, das Organ, aus dem sich die **Lunge** der höheren Wirbelthiere entwickelt hat. Endlich treffen wir als vierten Hauptcharakter der Amphirhinen in der ursprünglichen Anlage des Embryo **zwei Paar Extremitäten** oder Gliedmaassen: ein Paar Vorderbeine, welche bei den Fischen Brustflossen genannt werden (Fig. 117 *v*), und ein Paar Hinterbeine, welche bei den Fischen Bauchflossen heissen (Fig. 117 *h*). Gerade die vergleichende Anatomie dieser Flossen ist von dem allerhöchsten Interesse, weil dieselben bereits die Anlage für alle diejenigen Skelettheile enthalten, welche bei den höheren Wirbelthieren bis zum Menschen hinauf das Gerüste der Extremitäten, der Vorder- und der Hinterbeine bilden. Hingegen ist bei den Schädellosen und Unpaarnasen von diesen beiden Gliedmaassen-Paaren noch keine Spur vorhanden. Ausser diesen vier wichtigsten Charakter-Eigenschaften der Paarnasen könnten wir nun noch den Besitz eines sympathischen Nervensystems, einer Milz, einer Bauchspeicheldrüse nennen: lauter Organe, welche den bisher betrachteten niederen Wirbelthieren fehlen. Alle diese wichtigen Theile haben sich von den Fischen bis zum Menschen hinauf vererbt, und hieraus allein geht schon hervor, welche grosse Kluft die Fische von den Schädellosen und von den Unpaarnasen trennt. In allen diesen Charakteren stimmen hingegen die Fische mit dem Menschen überein. (VI. Tabelle, S. 339.)

Wenden wir uns nun zur näheren Betrachtung der Fischklasse selbst, so können wir dieselbe zunächst in drei Hauptgruppen oder Unterklassen zerfällen, deren Genealogie uns vollkommen klar vor Augen liegt. Die erste und älteste Gruppe ist die Unterklasse der **Selachier** oder **Urfische**, von denen die bekanntesten Fische der Gegenwart die formenreichen Ordnungen der Haifische und der Rochen sind (Fig. 117, 118). An diese schliesst sich zweitens als eine weitere Entwickelungsform in der specifischen Fischrichtung die Unterklasse der **Schmelzfische** oder **Ganoiden** an, welche seit langer Zeit zum grössten Theile ausgestorben ist. Von diesen kennen wir nur noch sehr wenige lebende Repräsentanten: Stör und Hausen in unseren Meeren, Polypterus in afrikanischen Flüssen, Lepidosteus und Amia in amerikanischen Flüssen. Hingegen können wir den früheren Formenreichthum dieser interessanten Gruppe aus den massenhaft erhaltenen Versteinerungen beurtheilen. Aus diesen Schmelzfischen hat sich drittens die Unterklasse der **Knochen-**

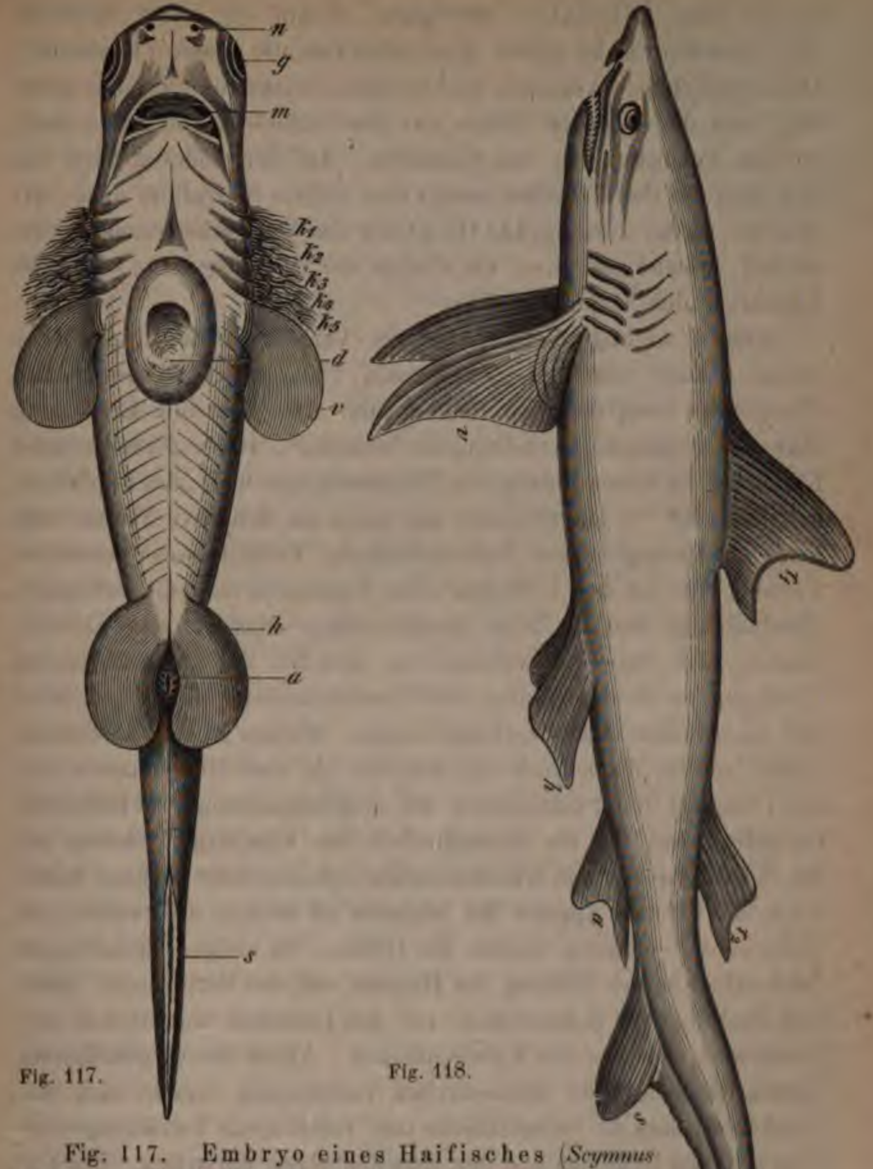


Fig. 117. **Embryo eines Haifisches** (*Scymnus lichia*), von der Bauchseite gesehen. *v* Brustflossen (darüber 5 Kiemenspalten). *h* Bauchflossen. *a* Afteröffnung. *s* Schwanzflosse. *k* äussere Kiemenbüschel. *d* Dottersack (grösstentheils entfernt). *g* Auge. *n* Nase. *m* Mundspalte.

Fig. 118. **Entwickelter Menschen-Hai** (*Carcharias melanopterus*) von der linken Seite gesehen. r_1 erste, r_2 zweite Rückenflosse. *a* Afterflosse.

fische oder Teleostier entwickelt, wohin die grosse Mehrzahl aller lebenden Fische gehört (namentlich fast alle unsere Flussfische). Die vergleichende Anatomie und Ontogenie zeigt uns nun ganz deutlich, dass die Ganoiden ebenso aus den Selachiern entstanden sind, wie die Teleostier aus den Ganoiden. Auf der anderen Seite hat sich aber aus den Urfischen heraus eine andere Seitenlinie oder vielmehr die weiter aufsteigende Hauptlinie des Wirbelthierstammes entwickelt, welche uns durch die Gruppe der Dipneusten zur wichtigen Abtheilung der Amphibien führt [91]).

Dieses wichtige Verwandtschafts-Verhältniss der drei Fischgruppen kann seit den betreffenden Untersuchungen von CARL GEGENBAUR nicht mehr zweifelhaft sein. Die lichtvolle Erörterung über „die systematische Stellung der Selachier", welche derselbe in die Einleitung zu seinen klassischen Untersuchungen über „das Kopfskelet der Selachier" [124]) eingeflochten hat, muss als definitive Feststellung jenes bedeutungsvollen Verwandtschafts-Verhältnisses betrachtet werden. Nur bei den Urfischen oder Selachiern sind die Schuppen (Hautanhänge) und die Zähne (Kieferanhänge) noch von ganz gleicher Bildung und Structur, während sie sich bei den anderen beiden Fischgruppen (Schmelzfischen und Knochenfischen) bereits gesondert und verschiedenartig ausgebildet haben. Ebenso ist das knorpelige Skelet (sowohl Wirbelsäule und Schädel, als auch Gliedmaassen) bei den Urfischen in der einfachsten und ursprünglichsten Beschaffenheit zu finden, aus der die Beschaffenheit des knöchernen Skelets bei den Schmelzfischen und Knochenfischen erst abgeleitet werden kann. Auch der Kiemen-Apparat der letzteren ist stärker differenzirt, als derjenige der ersteren, ebenso das Gehirn. In einigen Beziehungen (namentlich in der Bildung des Herzens und des Darmcanals) stimmen allerdings die Schmelzfische mit den Urfischen überein und unterscheiden sich von den Knochenfischen. Allein bei vergleichender Berücksichtigung aller anatomischen Verhältnisse ergiebt sich unzweifelhaft, dass die Schmelzfische eine verbindende Zwischengruppe zwischen den Urfischen und den Knochenfischen darstellen. Die Urfische sind die älteste und ursprünglichste Fischgruppe. Nach der einen Richtung hin haben sich aus den Urfischen die sämmtlichen übrigen Fische entwickelt, zunächst die Schmelzfische, aus diesen viel später (in der Jura- oder Kreidezeit) die Knochenfische. Nach einer anderen Richtung hin entstanden aus den Urfischen die Stamm-

formen der höheren Wirbelthiere, zunächst die Dipneusten und weiterhin die Amphibien. Wenn wir also die Selachier als die elfte Stufe unseres Stammbaumes anzusehen haben, so würde sich als zwölfte Stufe daran zunächst die Gruppe der Dipneusten und als dreizehnte Stufe die der Amphibien anschliessen.

Der Fortschritt, welcher in der Entwickelung der Lurchfische oder Dipneusten aus den Selachiern liegt, ist sehr bedeutend, und hängt mit einer sehr beträchtlichen Veränderung des organischen Lebens im Ganzen zusammen, welche im Beginn der paläozoischen oder primären Periode vor sich ging. Alle die zahlreichen versteinerten Pflanzenreste und Thierreste nämlich, welche wir aus den ersten drei Abschnitten der Erdgeschichte, aus der laurentischen, cambrischen und silurischen Periode kennen, gehören ausschliesslich im Wasser lebenden Pflanzen und Thieren an. Aus dieser paläontologischen Thatsache, im Verein mit wichtigen geologischen und biologischen Erwägungen dürfen wir mit ziemlicher Sicherheit den Schluss ziehen, dass landbewohnende Thiere überhaupt damals noch nicht existirten. Während des ganzen ungeheuren archozoischen Zeitraumes, viele Millionen Jahre hindurch, bestand die lebende Bevölkerung unseres Erdballs bloss aus Wasserbewohnern — eine höchst merkwürdige Thatsache, wenn Sie sich erinnern, dass dieser Zeitraum die grössere Hälfte der ganzen organischen Erdgeschichte umfasst. Die niederen Thierstämme sind ohnehin ausschliesslich (oder mit sehr geringen Ausnahmen) Wasserbewohner. Aber auch die höheren Thierstämme waren während des archozoischen oder primordialen Zeitraumes nur durch Wasserbewohner vertreten. Erst später gingen sie zum Landleben über. Zuerst erscheinen Versteinerungen von landbewohnenden Pflanzen und Thieren in den devonischen Schichten, welche im Beginne des zweiten grossen Hauptabschnittes der Erdgeschichte (des paläozoischen Zeitalters) abgelagert wurden. Ihre Zahl nimmt beträchtlich zu in den Ablagerungen der Steinkohlenzeit und der permischen Periode. Sowohl aus dem Stamme der Gliederthiere, wie aus dem Stamme der Wirbelthiere, finden wir da bereits zahlreiche Arten vor, die das Festland bewohnten und Luft athmeten; während ihre wasserbewohnenden Vorfahren der Silurzeit nur Wasser athmeten. Diese physiologisch bedeutende Verwandelung der Athmungsweise ist die einflussreichste Aenderung, welche den thierischen Organismus beim

Uebergang aus dem Wasser auf das Festland betraf. Zunächst wurde dadurch die Ausbildung eines Luftathmungs-Organes, der Lunge, hervorgerufen, während bis dahin ausschliesslich die wasserathmenden Kiemen als Respirations-Organe fungirten. Gleichzeitig wurde aber dadurch eine beträchtliche Veränderung im Blutkreislaufe und seinen Organen hervorgebracht; denn diese stehen immer in der innigsten Wechselbeziehung oder Correlation zu den Athmungs-Organen. Weiterhin wurden auch andere Organe, entweder in Folge entfernterer Wechselbeziehungen zu jenen, oder durch neue Anpassungen, ebenfalls mehr oder minder umgebildet.

Im Wirbelthierstamme war es nun unzweifelhaft ein Zweig der Urfische oder Selachier, welcher während der devonischen Periode die ersten glücklichen Versuche machte, sich an das Leben auf dem Lande zu gewöhnen und atmosphärische Luft zu athmen. Hierbei kam ihm vor Allem seine Schwimmblase zu statten, die mit Erfolg an die Luftathmung sich anpasste und so zur Lunge wurde. In Folge dessen wurde zunächst das Herz und die Nase umgebildet. Während die echten Fische nur ein Paar blinde Nasengruben an der Oberfläche des Kopfes besitzen (Fig. 117 *n*), trat jetzt eine offene Verbindung derselben mit der Mundhöhle ein. Es bildete sich jederseits ein Canal aus, der aus der Nasengrube direct in die Mundhöhle führte und so auch bei geschlossener Mundöffnung die zur Athmung nöthige atmosphärische Luft den Lungen zuführen konnte. Während ferner bei allen echten Fischen das Herz nur aus zwei Abtheilungen besteht, einer Vorkammer, welche das venöse Blut aus den Körpervenen aufnimmt, und einer Kammer, welche dasselbe durch einen Arterien-Kegel in die Kiemen treibt, zerfiel nunmehr die Vorkammer durch eine unvollständige Scheidewand in zwei Hälften, eine rechte und eine linke. Die rechte Vorkammer allein nahm jetzt noch das Körpervenenblut auf, während die linke Vorkammer das aus den Lungen und den Kiemen zum Herzen strömende Lungenvenenblut empfing. So entstand aus dem einfachen Blutkreislauf der echten Fische der sogenannte doppelte Kreislauf der höheren Wirbelthiere; und diese Vervollkommnung hatte nach den Gesetzen der Correlation oder Wechselbeziehung wieder Fortschritte in der Bildung anderer Organe zur Folge.

Die Wirbelthier-Klasse, welche auf diese Weise zum ersten Male der Luft-Athmung sich anpasste und aus einem Zweige der Selachier

hervorging, nennen wir **Dipneusten** oder **Doppelathmer** (auch „*Dipnoi*“), weil sie neben der neuerworbenen Lungenathmung auch die ältere Kiemenathmung noch beibehielt, gleich den niedersten Amphibien. Diese Klasse wird während des paläolithischen Zeitalters (während der devonischen, Steinkohlen- und permischen Periode) durch zahlreiche und mannichfache Gattungen vertreten gewesen sein. Da diese aber ein weiches, knorpeliges Skelet besassen (gleich den Selachiern), konnten sie keine fossilen Reste hinterlassen. Nur die harten Zähne einzelner Gattungen (*Ceratodus*) konnten uns erhalten bleiben; sie finden sich z. B. in der Trias vor (Taf. IX, Fig. 2). Gegenwärtig leben von der ganzen Klasse nur noch drei Gattungen: *Protopterus annectens* in Flüssen des tropischen Afrika (im weissen Nil, im Niger, Quellimane u. s. w.); *Lepidosiren paradoxa* im tropischen Süd-Amerika (in Nebenflüssen des Amazonenstromes), und *Ceratodus Forsteri* in Sümpfen des südlichen Australiens (Taf. IX, Fig. 1)[92]. Schon diese weite Zerstreuung der drei isolirten Epigonen beweist, dass sie die letzten Ueberreste einer früher sehr mannichfaltig entwickelten Gruppe sind. Ihrem ganzen Körperbau nach musste diese Gruppe den Uebergang von den Fischen zu den Amphibien vermitteln. Die unmittelbare Uebergangsbildung zwischen beiden Klassen ist in der ganzen Organisation dieser merkwürdigen Thiere so sehr ausgesprochen, dass noch jetzt Streit unter den Zoologen geführt wird, ob die Dipneusten eigentlich Fische oder Amphibien seien. Einige Zoologen stellen sie noch heute zu den Amphibien, während die meisten sie zu den Fischen rechnen. In der That sind die Charaktere beider Klassen in den Dipneusten dergestalt vereinigt, dass die Entscheidung darüber lediglich von der Definition abhängt, welche man von den Begriffen „Fisch“ und „Amphibium“ giebt. In ihrer Lebensweise sind sie wahre Amphibien. Während des tropischen Winters, in der Regenzeit, schwimmen sie gleich den Fischen im Wasser und athmen Wasser durch Kiemen. Während der trockenen Jahreszeit vergraben sie sich in den eintrocknenden Schlamm und athmen während dieser Zeit Luft durch Lungen wie die Amphibien und die höheren Wirbelthiere. In dieser Doppelathmung stimmen sie nun allerdings mit den niederen Amphibien überein und erheben sich hoch über die Fische. Allein in den meisten übrigen Eigenschaften gleichen sie mehr den letzteren und stehen unter den ersteren. Ihr Aeusseres ist durchaus fischähnlich.

Fünfzehnte Tabelle.
Uebersicht über das phylogenetische System der Wirbelthiere.

I. Schädellose (Acrania) oder Rohrherzen (Leptocardia)
Wirbelthiere ohne Kopf, ohne Schädel und Gehirn, ohne centralisirtes Herz.

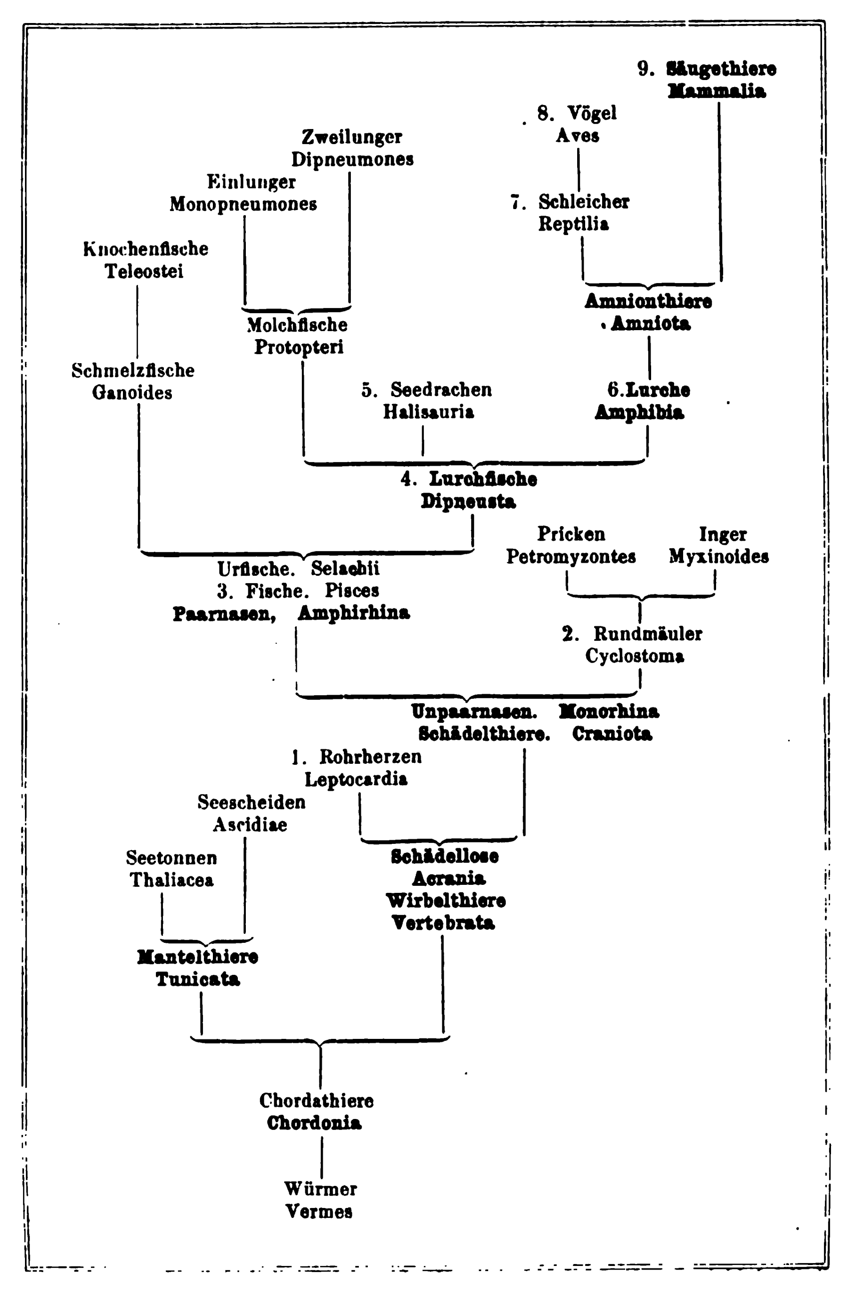
1. Schädellose **Acrania**	I. Rohrherzen *Leptocardia*	1. Lanzetthiere	1. Amphioxida

II. Schädelthiere (Craniota) oder Centralherzen (Pachycardia)
Wirbelthiere mit Kopf, mit Schädel und Gehirn, mit centralisirtem Herzen.

Hauptklassen der Schädelthiere	**Klassen der Schädelthiere**	**Unterklassen der Schädelthiere**	**Systematischer Name der Unterklassen**
2. Unpaarnasen **Monorhina**	II. Rundmäuler *Cyclostoma*	2. Inger oder Schleimfische	2. Hyperotreta (Myxinoida)
		3. Lampreten oder Pricken	3. Hyperoartia (Petromyzontia)
3. Amnionlose **Anamnia**	III. Fische *Pisces*	4. Urfische	4. Selachii
		5. Schmelzfische	5. Ganoides
		6. Knochenfische	6. Teleostei
	IV. Lurchfische *Dipneusta*	7. Einlunger	7. Monopneumones
		8. Zweilunger	8. Dipneumones
	V. Seedrachen *Halisauria*	9. Urdrachen	9. Simosauria
		10. Schlangendrachen	10. Plesiosauria
		11. Fischdrachen	11. Ichthyosauria
	VI. Lurche *Amphibia*	12. Kiemenlurche	12. Sozobranchia
		13. Schwanzlurche	13. Sozura
		14. Froschlurche	14. Anura
		15. Panzerlurche	15. Phractamphibia
4. Amnionthiere **Amniota**	VII. Schleicher *Reptilia*	16. Eidechsen	16. Lacertilia
		17. Schlangen	17. Ophidia
		18. Crocodile	18. Crocodilia
		19. Schildkröten	19. Chelonia
		20. Flugreptilien	20. Pterosauria
		21. Drachen	21. Dinosauria
		22. Schnabelreptilien	22. Anomodonta
	VIII. Vögel *Aves*	23. Fiederschwänzige	23. Saururae
		24. Fächerschwänzige	24. Carinatae
		25. Büschelschwänzige	25. Ratitae
	IX. Säugethiere *Mammalia*	26. Kloakenthiere	26. Monotrema
		27. Beutelthiere	27. Marsupialia
		28. Placentalthiere	28. Placentalia

Sechzehnte Tabelle.

Stammbaum der Wirbelthiere. (Vergl. Taf. XII.)



Der Kopf der Dipneusten ist nicht vom Rumpfe abgesetzt. Die Haut ist mit grossen Fischschuppen bedeckt. Das Skelet ist weich, knorpelig und auf einer sehr tiefen Stufe der Entwickelung stehen geblieben, ähnlich wie bei den niederen Selachiern. Die Chorda ist vollständig erhalten. Die beiden Beinpaare sind ganz einfache Flossen von uralter Bildung, ähnlich derjenigen der niedersten Urfische. Auch die Bildung des Gehirns, des Darmrohrs und der Geschlechtsorgane ist ähnlich wie bei den Urfischen. So haben denn die Dipneusten oder Lurchfische viele Züge niederer Organisation von unseren uralten Fisch-Ahnen durch Vererbung treu bewahrt, während sie in der Anpassung an die Luftathmung durch Lungen einen gewaltigen Fortschritt in der Wirbelthier-Organisation herbeigeführt haben.

Uebrigens weichen die drei heute noch lebenden Lurchfische unter sich ziemlich bedeutend in wichtigen Organisations-Verhältnissen von einander ab. Insbesondere stellt sich der australische Lurchfisch (*Ceratodus*), welcher erst im Jahre 1870 von Gerard Krefft in Sidney beschrieben wurde, und welcher eine Länge von sechs Fuss erreicht, als eine uralte und sehr conservative Thierform dar (Taf. IX, Fig. 1). Namentlich gilt das von der Bildung seiner gefiederten Flossen (Taf. IX, Fig. 3) und seiner einfachen Lunge. Hingegen sind beim afrikanischen Lurchfisch (*Protopterus*) und beim amerikanischen (*Lepidosiren*) die Flossen nicht ganz gefiedert und die Lunge ist doppelt vorhanden, wie bei allen höheren Wirbelthieren. Neben den inneren Kiemen besitzt Protopterus ausserdem noch äussere Kiemen, welche dem Lepidosiren fehlen. Diejenigen unbekannten Dipneusten, welche zu unseren directen Vorfahren gehörten und die verbindende Brücke von den Selachiern zu den Amphibien bildeten, werden zwar vielfach von den drei Epigonen der Gegenwart verschieden gewesen sein, in den wesentlichsten Eigenthümlichkeiten aber doch mit ihnen übereingestimmt haben. Leider ist uns die Keimesgeschichte der drei lebenden Lurchfische noch vollständig unbekannt; voraussichtlich wird uns dieselbe zukünftig noch wichtige Aufschlüsse über die Stammesgeschichte der niederen Wirbelthiere und somit auch unserer Vorfahren liefern.

Sehr werthvolle derartige Aufschlüsse verdanken wir bereits der nächstfolgenden Wirbelthierklasse, die sich unmittelbar an die Dipneusten anschliesst und aus diesen entwickelt hat: den Lurchen oder Amphibien. Dahin gehören die Molche und Salamander (Taf. X,

Fig. 4 und 5), Kröten und Frösche. Früher rechnete man zu den Amphibien nach dem Vorgange von LINNÉ auch noch die sämmtlichen Reptilien (Eidechsen, Schlangen, Crocodile und Schildkröten). Doch sind diese letzteren viel höher organisirt, und schliessen sich in den wichtigsten Eigenthümlichkeiten ihres anatomischen Baues enger an die Vögel als an die Amphibien an. Die echten Amphibien hingegen stehen näher den Dipneusten und den Urfischen: sie sind auch viel älter als die Reptilien. Schon während der Steinkohlen-Periode lebten zahlreiche (zum Theil grosse) und sehr entwickelte Amphibien, während die ältesten Reptilien erst gegen Ende der permischen Periode auftreten. Wahrscheinlich haben sich die Amphibien sogar noch früher, bereits im Laufe der devonischen Periode, aus Dipneusten hervorgebildet. Diejenigen ausgestorbenen Amphibien, deren versteinerte Reste uns aus jener altersgrauen Urzeit (sehr zahlreich namentlich aus der Trias-Periode) erhalten sind, zeichneten sich durch einen mächtigen Knochenpanzer der Haut aus (ähnlich dem Crocodile), während die heute noch lebenden Amphibien grösstentheils eine glatte und schlüpfrige Haut besitzen. Auch zeigen die letzteren durchschnittlich eine viel geringere Körpergrösse als die ersteren und sind überhaupt als verkümmerte Epigonen zu betrachten.

Demnach dürfen wir auch unter den heutigen Amphibien keine Formen suchen, welche unmittelbar auf den Stammbaum unseres Geschlechts zu beziehen und als Vorfahren der drei höheren Wirbelthierklassen zu deuten wären; wohl aber besitzen sie in ihrem inneren anatomischen Bau und namentlich in ihrer Keimesentwickelung so wichtige Beziehungen zu uns, dass wir den Satz aufstellen können: Zwischen den Dipneusten einerseits und den drei höheren Wirbelthierklassen (welche wir als Amnioten zusammenfassen) andererseits hat eine Reihe von ausgestorbenen Zwischenformen existirt, welche wir, wenn wir sie lebend vor uns hätten, ganz gewiss im System als Amphibien aufführen würden. Ihrer ganzen Organisation nach stellen auch noch die heutigen Amphibien eine solche Uebergangsgruppe dar. In den wichtigen Verhältnissen der Athmung und des Blutkreislaufs schliessen sie sich noch eng an die Dipneusten an, während sie sich in anderen Beziehungen über dieselben erheben. Besonders gilt dies in erster Linie von der fortgeschrittenen Bildung ihrer Gliedmaassen oder Extremitäten. Diese er-

scheinen hier zum ersten Male als fünfzehige Füsse. Die gründlichen Untersuchungen von GEGENBAUR haben gezeigt, dass die Flossen der Fische, über welche man früher ganz irrthümliche Vorstellungen hatte, vielzehige Füsse sind. Es entsprechen nämlich die einzelnen knorpeligen oder knöchernen Strahlen, welche in grosser Anzahl in jeder Fischflosse enthalten sind, den Fingern oder Zehen an den Extremitäten der höheren Wirbelthiere. Die einzelnen Glieder eines jeden Flossenstrahles entsprechen den einzelnen Gliedern einer jeden Zehe. Die ganze Fischflosse ist in Wahrheit ein vielzehiger Fuss. Auch bei den Dipneusten ist die Flosse noch eben so zusammengesetzt wie bei den echten Fischen, und erst allmählich hat sich aus dieser vielzehigen Fussform die fünfzehige Form hervorgebildet, welche uns zum ersten Male bei den Amphibien entgegen tritt. Diese Reduction der Zehenzahl auf die Fünfzahl fand bei denjenigen Dipneusten, die als die Stammformen der Amphibien zu betrachten sind, wahrscheinlich schon in der zweiten Hälfte der devonischen Periode, spätesten jedenfalls in der darauf folgenden Steinkohlen-Periode statt. Aus dieser kennen wir schon mehrere Versteinerungen von fünfzehigen Amphibien. Sehr zahlreich finden sich versteinerte Fusstapfen derselben in der Trias vor (*Chirotherium*).

Diese Fünfzahl der Zehen ist deshalb von der grössten Bedeutung, weil sie sich von den Amphibien auf alle höheren Wirbelthiere vererbt hat. Es wäre absolut kein Grund einzusehen, weshalb bei den niedersten Amphibien, ebenso wie bei den Reptilien und den höheren Wirbelthieren bis zum Menschen hinauf, ursprünglich fünf Zehen an den Vorder- und Hinterbeinen vorhanden sind, wenn wir nicht die Vererbung von einer gemeinsamen fünfzehigen Stammform als bewirkende Ursache dieser Erscheinung gelten lassen; die Vererbung allein ist im Stande, uns dieselbe zu erklären. Allerdings finden wir bei vielen Amphibien sowohl, als bei vielen höheren Wirbelthieren weniger als fünf Zehen vor. Aber in allen diesen Fällen können wir den Nachweis führen, dass einzelne Zehen rückgebildet und zuletzt ganz verloren gegangen sind. Hunde und Katzen haben gewöhnlich vorn noch fünf, hinten aber nur vier Zehen. Bei den Wiederkäuern sind noch vier Zehen vorhanden, aber nur zwei entwickelt, die beiden anderen ganz rudimentär. Beim Pferd ist nur noch eine einzige Zehe an jedem Fusse allein entwickelt und die vier übrigen sind verloren gegangen. Wir kennen aber fossile

Pferde, welche noch drei Zehen besitzen (*Anchitherium*). Auch können wir durch Vergleichung der zahlreichen fossilen Hufthiere-Reste eine ganz vollständige Reihe von Zwischenformen von der fünfzehigen ausgestorbenen Stammform der Hufthiere bis zu der einzehigen Form des Pferdes herstellen. Dieses interessante Verhältniss ist durch die neueren Fortschritte der Paläontologie und der vergleichenden Anatomie so klar beleuchtet, dass ich mich auf dasselbe als auf eine sicher gestellte Thatsache berufen kann. Kein vergleichender Anatom, der überhaupt ein genetisches Verständniss der Thatsachen besitzt, kann mehr zweifeln, dass alle die mannichfaltigen Formen der Gliedmaassen, welche wir von den Amphibien an bis zum Menschen hinauf, bei allen drei höheren Wirbelthierklassen (Reptilien, Vögeln und Säugethieren) vorfinden, von einer gemeinsamen Stammform mit vier ausgebildeten fünfzehigen Füssen abgeleitet sind. Diese längst ausgestorbene Stammform wird jedenfalls ein echtes Amphibium gewesen sein (Vergl. S. 589).

Die bewirkenden Ursachen, durch welche aus der vielzehigen Fischflosse der fünfzehige Fuss der höheren Wirbelthiere bei dieser Amphibien-Stammform entstand, sind jedenfalls in der Anpassung an die gänzlich veränderten Functionen zu suchen, welche die Gliedmaassen beim Uebergang vom auschliesslichen Wasserleben zum theilweisen Landleben erhielten. Während die vielzehige Fischflosse fast ausschliesslich zum Rudern im Wasser gebraucht wurde, musste sie nun daneben auch noch als Stütze beim Fortkriechen auf dem festen Lande dienen. Dadurch wurden ebensowohl die Skelettheile wie die Muskeln der Gliedmaassen umgebildet. Die Zahl der Flossenstrahlen wurde allmählich reducirt und sank zuletzt bis auf fünf. (Vergl. Fig. 175—178, S. 588—592). Diese fünf übrig gebliebenen Strahlen aber entwickelten sich um so kräftiger. Die weichen Knorpelstrahlen gingen in feste Knochenstäbe über. Auch das übrige Skelet gewann bedeutend an Festigkeit. Auch hier trat das stärkere Knochengewebe an die Stelle des schwächeren Knorpelgewebes. Die Bewegungen des Körpers wurden aber nicht allein kräftiger, sondern auch mannichfaltiger. Die einzelnen Theile des Skelet-Systems und damit im Zusammenhang auch des Muskel-Systems begannen sich mehr und mehr zu differenziren. Bei der nahen Wechselbeziehung, in welcher das Muskel-System zum Nerven-System steht, musste natürlich auch dieses bedeutende Fortschritte in Function und Structur machen. So

finden wir denn auch wirklich das Gehirn bei den höheren Amphibien schon bedeutend weiter entwickelt als bei den Fischen und Lurchfischen, obgleich dasselbe bei den niederen Amphibien demjenigen der letzteren noch sehr nahe steht.

Diejenigen Organe, welche durch die amphibische Lebensweise am meisten umgebildet werden, sind, wie wir schon bei den Dipneusten gesehen haben, die Werkzeuge der Athmung und des Blutkreislaufes, die Respirations- und Circulations-Organe. Der erste Fortschritt in der Organisation, den der Uebergang vom Wasserleben zum Landleben forderte, war nothwendig die Beschaffung eines Luftathmungs-Organes, einer Lunge. Diese bildete sich unmittelbar aus der bereits vorhandenen und von den Fischen geerbten Schwimmblase hervor. Anfangs wird die Function derselben noch ganz hinter diejenige des älteren Wasserathmungs-Organs, der Kiemen, zurückgetreten sein. So finden wir denn auch noch bei den niedersten Amphibien, den Kiemenlurchen, dass sie, gleich den Dipneusten den grössten Theil ihres Lebens im Wasser zubringen und demgemäss Wasser durch Kiemen athmen. Nur in kurzen Zwischenpausen kommen sie an die Wasseroberfläche oder kriechen aus dem Wasser auf's Land und athmen schon Luft durch Lungen. Aber schon ein Theil der Schwanzlurche, der Molche und Salamander, bleibt nur in seiner Jugend ganz im Wasser und hält sich später grösstentheils auf dem festen Lande auf. Sie athmen im erwachsenen Zustande nur noch Luft durch Lungen. Dasselbe gilt auch von den höchst entwickelten Amphibien, den Froschlurchen (Fröschen und Kröten); einzelne der letzteren haben sogar schon die kiementragende Larvenform ganz verloren. Auch bei einigen kleinen schlangenähnlichen Amphibien, den Caecilien (welche gleich Regenwürmern in der Erde leben), ist dies der Fall.

Das hohe Interesse, welches die Naturgeschichte der Amphibien-Klasse darbietet, liegt ganz besonders in dieser vollständigen Mittelstellung, welche sie zwischen den niederen und höheren Wirbelthieren einnimmt. Während die niederen Amphibien in ihrer ganzen Organisation sich unmittelbar an die Dipneusten und Fische anschliessen, vorzugsweise im Wasser leben und Wasser durch Kiemen athmen, vermitteln die höheren Amphibien ebenso unmittelbar den Anschluss an die Amnioten, leben gleich diesen vorzugsweise auf dem Lande und athmen Luft durch Lungen. Aber in ihrer Jugend

gleichen die letzteren den ersteren und erreichen erst in Folge einer vollständigen Verwandlung jenen höheren Entwickelungsgrad. Die individuelle Keimesgeschichte der meisten höheren Amphibien wiederholt noch heute getreu die Stammesgeschichte der ganzen Klasse, und die verschiedenen Stufen der Umbildung, welche der Uebergang vom Wasserleben zum Landleben bei den niederen Wirbelthieren während der devonischen oder Steinkohlen-Periode bedingte, führt Ihnen noch jetzt in jedem Frühjahr jeder beliebige Frosch vor Augen, der sich in unseren Teichen und Sümpfen aus dem Ei entwickelt.

Jeder gemeine Frosch verlässt das Ei in Gestalt einer Larve, welche völlig von dem ausgebildeten Frosche verschieden ist und vielmehr die wesentliche Organisation eines Urfisches besitzt (Taf. III, Fig. 13). Der kurze Rumpf geht in einen langen Schwanz über, der vollkommen die Gestalt und den Bau eines Fischschwanzes hat. Beine fehlen anfangs noch vollständig. Die Athmung geschieht ausschliesslich durch Kiemen, anfangs äussere, später innere Kiemen. Dem entsprechend ist auch das Herz ganz wie bei den Fischen gebildet und besteht blos aus zwei Abtheilungen, einer Vorkammer, welche das venöse Blut aus dem Körper aufnimmt, und einer Kammer, welche dasselbe durch den Arterien-Kegel in die Kiemen treibt.

In dieser Fischform schwimmen die Larven unserer Frösche, die sogenannten „Kaulquappen“, in jedem Frühjahr massenhaft in unseren Teichen und Tümpeln umher, wobei sie ihren muskulösen Schwanz als Ruderorgan, ebenso wie die Fische und wie die Ascidien-Larven gebrauchen. Erst nachdem dieselben zu einer gewissen Grösse herangewachsen sind, beginnt die merkwürdige Verwandlung der Fischform in die Froschform. Aus dem Schlunde wächst ein Blindsack hervor, welcher sich in ein paar geräumige Säcke ausbuchtet: das sind die Lungen. Die einfache Herzvorkammer zerfällt durch Ausbildung einer Scheidewand in zwei Vorkammern und gleichzeitig gehen beträchtliche Veränderungen in der Bildung der wichtigsten Arterien-Stämme vor sich. Während vorher alles Blut aus der Herzkammer durch die Aortenbogen in die Kiemen trat, geht jetzt nur ein Theil desselben in die Kiemen, ein anderer Theil durch die neugebildete Lungenarterie in die Lungen. Von hier kehrt arterielles Blut in die linke Vorkammer des Herzens zurück, während sich das venöse Körperblut in der rechten Vorkammer sammelt. Da beide Vorkammern in die einfache Herzkammer münden, enthält diese nun-

mehr gemischtes Blut. Aus der Fisch-Form ist jetzt die Dipneusten-Form geworden. Im weiteren Verlaufe der Verwandlung gehen die Kiemen mit den Kiemengefässen vollständig verloren, und es tritt ausschliesslich Lungenathmung ein. Später wird auch der lange Ruderschwanz abgeworfen und der Frosch hüpft nun mit den inzwischen hervorgesprossten Beinen an's Land[93]).

Diese merkwürdige Metamorphose der höheren Amphibien, die für die Stammesgeschichte des Menschen höchst lehrreich, aber dennoch den meisten „gebildeten" Menschen unbekannt ist, gewinnt nun dadurch noch besonderes Interesse, dass die verschiedenen Gruppen der heute noch lebenden Amphibien auf verschiedenen Stufen der Stammesgeschichte stehen geblieben sind, welche nach dem biogenetischen Grundgesetze durch jene Keimesgeschichte wiederholt wird.

Da treffen wir zuerst eine tief stehende niederste Amphibien-Ordnung, die Kiemenlurche (*Sozobranchia*), welche ihre Kiemen während des ganzen Lebens behalten, wie die Fische[94]). Hierher gehört unter Anderen der bekannte blinde Kiemenmolch der Adelsberger Grotte (*Proteus anguineus*), ferner der Armmolch von Südcarolina (*Siren lacertina*) und der Axolotl aus Mexico (*Siredon pisciformis*, Taf. X, Fig. 4). Alle diese Kiemenmolche sind fischähnliche langgeschwänzte Thiere und bleiben in Bezug auf die Athmungs- und Kreislaufs-Organe auf derselben Stufe zeitlebens stehen, welche die Dipneusten einnehmen. Sie haben gleichzeitig Kiemen und Lungen, und können je nach Bedürfniss entweder Wasser durch Kiemen oder Luft durch Lungen athmen. Bei einer zweiten Ordnung, bei den Salamandern, gehen die Kiemen während der Verwandlung verloren und sie athmen als erwachsene Thiere bloss Luft durch Lungen. Diese Ordnung führt den Namen Schwanzlurche (*Sozura*), weil sie den langen Schwanz zeitlebens behalten. Dahin gehören die gemeinen Wassermolche (*Triton*), die unsere Teiche im Sommer massenhaft bevölkern, und die schwarzen gelbgefleckten Erdmolche oder Erdsalamander (*Salamandra*), die in unseren feuchten Wäldern leben (Taf. X, Fig. 5). Diese letzteren gehören zu den merkwürdigsten einheimischen Thieren, da sie sich durch viele anatomische Eigenthümlichkeiten als uralte und hoch conservative Wirbelthiere ausweisen[95]). Einige Schwanzlurche haben noch die Kiemenspalte an der Seite des Halses behalten, obwohl sie die Kiemen selbst verloren haben (*Menopoma*). Wenn man die Larven unserer

Salamander (Fig. 119) und Tritonen zwingt, im Wasser zu bleiben und sie gar nicht an's Land lässt, kann man sie dadurch unter günstigen Umständen veranlassen, ihre Kiemen beizubehalten. Dann werden sie in diesem fischähnlichen Zustande geschlechtsreif und bleiben gezwungen auf der niederen Entwickelungsstufe der Kiemenlurche zeitlebens stehen; ein schlagender Beweis für die Macht der Anpassung. Das umgekehrte Experiment hat vor einigen Jahren ein mexicanischer Kiemenmolch, der fischförmige Axolotl (*Siredon pisciformis*) uns vorgeführt (Taf. X, Fig. 4). Früher hielt man denselben für einen permanenten Kiemenlurch, der in diesem fischähnlichen Zustande zeitlebens verharrt. Unter Hunderten dieser Thiere aber, welche im Pariser Pflanzengarten gehalten wurden, gingen einige Individuen aus unbekannten Gründen an das Land, verloren ihre Kiemen und verwandelten sich in eine dem Salamander (Taf. X, Fig. 5) sehr nahestehende Form; in diesem Zustande wurden sie geschlechtsreif. Seitdem hat man diese Erscheinung, die sehr grosses Aufsehen erregte, wiederholt ganz sicher beobachtet. Die Zoologen haben dieselbe als ein ganz besonderes Wunder angestaunt, obwohl jeder gemeine Frosch und Salamander ihnen in jedem Frühjahr dieselbe Verwandlung vor Augen führt. Die ganze wichtige Metamorphose, von dem wasserbewohnenden und kiemenathmenden Thiere zu dem landbewohnenden und lungenathmenden Thiere ist hier ebenfalls Schritt für Schritt zu verfolgen. Was aber hier am Individuum während der Keimesgeschichte geschieht, das ist ebenso im Verlaufe der Stammesgeschichte an der ganzen Klasse vor sich gegangen.



Fig. 119.

Noch weiter als bei den Salamandern geht die Metamorphose bei der dritten lebenden Amphibien-Ordnung, bei den Frosch-

Fig. 119. Larve des gefleckten Erdsalamanders (*Salamandra maculata*), von der Bauchseite. In der Mitte tritt noch ein Dottersack aus dem Darm hervor. Die äusseren Kiemen sind zierlich baumförmig verästelt. Die beiden Beinpaare sind noch sehr klein.

lurchen (*Batrachia* oder *Anura*), zu welcher alle die verschiedenen Arten der Kröten, Unken, Wasserfrösche, Laubfrösche u. s. w. gehören. Diese verlieren während ihrer Verwandlung nicht allein die Kiemen, sondern auch den Ruderschwanz; bald früher, bald später fällt derselbe ab. Uebrigens verhalten sich die verschiedenen Arten in dieser Beziehung ziemlich verschieden. Bei den meisten Froschlurchen werfen die Larven den Schwanz schon früh ab, so dass die ungeschwänzte Froschform nachher noch beträchtlich wächst. Andere hingegen, wie namentlich der brasilianische Trugfrosch (*Pseudes paradoxus*), aber auch unsere einheimische Knoblauchskröte (*Pelobates fuscus*), verharren sehr lange in der Fischform und behalten einen ansehnlichen Schwanz fast bis zur Erreichung ihrer vollständigen Grösse; sie erscheinen daher nach vollbrachter Verwandlung viel kleiner als vorher. Das andere Extrem zeigen einige in neuester Zeit bekannt gewordene Frösche, welche ihre ganze historische Metamorphose eingebüsst haben, und bei welchen aus dem Ei nicht die geschwänzte, kiementragende Larve, sondern der fertige, schwanzlose und kiemenlose Frosch ausschlüpft. Diese Frösche sind Bewohner isolirter oceanischer Inseln, welche ein sehr trockenes Klima besitzen und oft lange Zeit hindurch des süssen Wassers entbehren. Da dieses letztere für die kiemenathmenden Kaulquappen unentbehrlich ist, haben sich die Frösche jenem örtlichen Mangel angepasst und ihre ursprüngliche Metamorphose ganz aufgegeben.

Der ontogenetische Verlust der Kiemen und des Schwanzes bei den Fröschen und Kröten kann phylogenetisch natürlich nur dahin gedeutet werden, dass dieselben von langschwänzigen salamanderartigen Amphibien abstammen. Das geht auch aus der vergleichenden Anatomie beider Gruppen unzweifelhaft hervor. Jene merkwürdige Verwandlung ist aber auch ausserdem deshalb von allgemeinerem Interesse, weil sie ein bestimmtes Licht auf die Phylogenie der schwanzlosen Affen und des Menschen wirft. Auch die Vorfahren der letzteren waren langschwänzige und kiemenathmende Thiere, gleich den Kiemenlurchen, wie das Schwanzrudiment und die Kiemenbogen des menschlichen Embryo unwiderleglich darthun.

Unzweifelhaft hat die Amphibien-Klasse während des paläozoischen Zeitalters (und zwar wahrscheinlich während der Steinkohlen-Periode) eine Reihe von Formen enthalten, welche als directe Vorfahren der Säugethiere, und also auch des Menschen zu betrachten

sind. Diese unsere Amphibien-Ahnen dürfen wir aber aus vergleichend-anatomischen und ontogenetischen Gründen nicht — wie man vielleicht erwarten könnte — unter den schwanzlosen Froschlurchen, sondern nur unter den geschwänzten niederen Amphibien suchen. Mit Sicherheit dürfen wir hier mindestens zwei ausgestorbene Lurch-Formen als directe Vorfahren des Menschen, als dreizehnte und vierzehnte Stufe unseres Stammbaumes bezeichnen. Die dreizehnte Ahnenform wird sich zunächst an die Dipneusten anschliessen, gleich diesen bleibende Kiemen besessen, sich aber bereits durch fünfzehige Füsse ausgezeichnet haben; wenn wir sie lebend vor uns hätten, würden wir sie in die Gruppe der Kiemenlurche neben die Proteus und Axolotl (Taf. X, Fig. 4) stellen. Die vierzehnte Ahnenform hingegen wird zwar den langen Schwanz behalten, aber die Kiemen bereits verloren haben, und demnach unter den heutigen Schwanzlurchen ihre nächsten Verwandten in den Wassermolchen und Erdsalamandern finden (Taf. X, Fig. 5). Ist doch sogar im Jahre 1725 das versteinerte Skelet eines solchen ausgestorbenen Salamanders (der dem heutigen Riesen-Salamander von Japan nahe stand) von dem Schweizer Naturforscher SCHEUCHZER als Skelet eines versteinerten Menschen aus der Sündfluth-Zeit beschrieben worden! („*Homo diluvii testis*".) [96])

Als diejenige Wirbelthierform, die in unserer Ahnenreihe nun zunächst an diese Molch-Ahnen sich anschliesst — mithin als fünfzehnte Stufe — würden wir jetzt ein eidechsenähnliches Thier zu betrachten haben, das uns weder versteinert erhalten, noch in irgend einer lebenden Thierform annähernd zugänglich ist, und auf dessen frühere Existenz wir dennoch mit der grössten Sicherheit aus Thatsachen der vergleichenden Anatomie und Ontogenie schliessen können. Wir wollen diese wichtige Thierform Protamnion oder Uramnioten nennen. Alle Wirbelthiere nämlich, die über den Amphibien stehen — die drei Klassen der Reptilien, Vögel und Säugethiere — unterscheiden sich in ihrer gesammten Organisation so wesentlich von allen bisher betrachteten niederen Wirbelthieren und stimmen hingegen unter sich so sehr überein, dass wir sie alle in einer einzigen Gruppe unter der Bezeichnung der Amnionthiere (*Amniota*) zusammenfassen können. Bei diesen drei Thierklassen allein kommt die Ihnen bereits bekannte merkwürdige embryonale Umhüllung zu Stande, welche wir als Amnion oder Fruchthaut be-

zeichnen: welche sich zunächst als eine ringförmige Falte, wie ein Wall rings um den Embryokörper erhebt und dann über demselben zur Bildung eines geschlossenen, mit Flüssigkeit gefüllten Sackes verwächst. (Vergl. Taf. III, Fig. 14 und S. 276, Fig. 86, 87, sowie S. 268, Fig. 78.) Diese Amnionbildung ist ein sehr eigenthümlicher Vorgang, dessen phylogenetische Deutung sehr schwierig erscheint. Keinenfalls darf man sie mit den ähnlichen (aber nur analogen!) Amnionbildungen mancher wirbelloser Thiere, namentlich der Insecten, morphologisch vergleichen. Wahrscheinlich ist dieselbe in sehr einfacher mechanischer Weise als eine ontogenetische Anpassung, nämlich als Folge des Einsinkens des wachsenden Embryo in den Dottersack anzusehen[97]).

Sämmtliche uns bekannte Amnionthiere, alle Reptilien, Vögel und Säugethiere (mit Inbegriff des Menschen) stimmen in so vielen wichtigen Beziehungen ihrer inneren Organisation und Entwickelung überein, dass ihre gemeinsame Abstammung von einer einzigen Stammform mit völliger Sicherheit behauptet werden kann. Wenn irgendwo die Zeugnisse der vergleichenden Anatomie und Ontogenie ganz unverdächtig sind, so ist es gewiss hier der Fall. Denn alle die einzelnen Merkwürdigkeiten und Eigenheiten, welche in Begleitung und im Gefolge der Amnionbildung auftreten, und welche Sie aus der embryonalen Entwickelung des Menschen jetzt bereits kennen, ferner zahlreiche Eigenthümlichkeiten in der Entwickelungsgeschichte der Organe, die wir später noch im Einzelnen verfolgen werden, endlich die wichtigsten speciellen Einrichtungen im inneren Körperbau aller entwickelten Amnioten — bezeugen mit solcher Klarheit den gemeinsamen Ursprung aller Amnionthiere von einer einzigen ausgestorbenen Stammform, dass wir uns unmöglich einen polyphyletischen Ursprung derselben aus mehreren unabhängigen Stammformen vorstellen können. Jene unbekannte gemeinsame Stammform ist eben unser Uramniote (*Protamnion*).

Mit grosser Wahrscheinlichkeit lässt sich als Zeitpunkt für die Entstehung des Protamnion die permische Periode bezeichnen, vielleicht schon der Anfang, vielleicht erst das Ende dieser Periode. Das geht nämlich daraus hervor, dass erst in der Steinkohlen-Periode die Amphibien zur vollen Entwickelung gelangen, und dass gegen das Ende der permischen Periode bereits die ersten fossilen Reptilien auftreten — wenigstens solche Petrefacten (*Proterosaurus*,

Rhopalodon), die mit grösster Wahrscheinlichkeit auf eidechsenartige Reptilien zu beziehen sind. Allerdings ist es auch möglich, dass das erste Auftreten der Protamnien schon eine paläozoische Periode früher, in der Steinkohlen-Zeit, stattfand. Andere Gründe wiederum sprechen dafür, dass dieselben umgekehrt erst eine Periode später, im Beginne der Trias-Periode (während der Ablagerung des bunten Sandsteins), entstanden; zu einer Zeit, in welcher auch in anderen Stämmen des Thierreichs die mächtigsten Umbildungen vor sich gingen. Künftige paläontologische Entdeckungen werden uns darüber wohl einst noch besser belehren. Vorläufig dürfen wir den Ursprung der Amnioten-Gruppe mit Wahrscheinlichkeit in die carbonische oder permische Periode versetzen.

Unter den wichtigen und folgenschweren Veränderungen der Wirbelthier-Organisation, welche während dieser Zeit die Entstehung der ersten Amnionthiere aus salamanderartigen Amphibien bedingten, sind vor allen folgende drei hervorzuheben: der gänzliche Verlust der wasserathmenden Kiemen und die Umbildung der Kiemenbogen in andere Organe; sodann die Ausbildung der Allantois oder des Urharnsackes, und endlich die Entstehung des Amnion.

Als einer der hervorstechendsten Charaktere aller Amnioten muss der gänzliche Verlust der respiratorischen Kiemen angesehen werden. Alle Amnionthiere, auch die im Wasser lebenden (z. B. Seeschlangen, Wallfische), athmen ausschliesslich Luft durch Lungen, niemals mehr Wasser durch Kiemen. Während sämmtliche Amphibien (mit ganz vereinzelten Ausnahmen, einigen Caecilien und Fröschen) in der Jugend ihre Kiemen noch längere oder kürzere Zeit behalten und eine Zeit lang (wenn nicht immer) durch Kiemen athmen, ist von jetzt an von gar keiner Kiemenathmung mehr die Rede. Schon das Protamnion muss die Wasserathmung vollständig aufgegeben haben. Es bleiben aber, was sehr interessant ist, die Kiemenbogen noch bestehen und entwickeln sich hier zu ganz anderen (theilweise rudimentären) Organen: zu den verschiedenen Theilen des Zungenbeins, zu bestimmten Theilen des Kiefergerüstes, des Gehörorgans u. s. w. Aber niemals findet sich bei den Embryonen der Amnioten auch nur eine Spur von Kiemenblättchen, von wirklichen Athmungsorganen auf den Kiemenbogen.

Mit diesem gänzlichen Kiemenverluste steht wahrscheinlich die Ausbildung eines andern Organs in Zusammenhang, welches Ihnen

bereits aus der menschlichen Ontogenie wohl bekannt ist, nämlich der Allantois oder des Urharnsackes (vergl. S. 270). Höchst wahrscheinlich ist die Harnblase der Dipneusten als der erste Anfang der Allantoisbildung zu bezeichnen. Schon bei dem amerikanischen Lurchfische (*Lepidosiren*) treffen wir eine Harnblase an, welche aus der unteren Wand des hinteren Darmendes hervorwächst und als Behälter für das Nieren-Secret dient. Auch auf die Amphibien hat sich jenes Organ von da vererbt, wie wir bei jedem Frosche sehen können. Aber erst bei den drei höheren Wirbelthierklassen gelangt die Allantois zu besonderer Entwickelung, tritt schon frühzeitig weit aus dem Leibe des Embryo hervor, und bildet einen grossen, mit Flüssigkeit gefüllten Sack, auf welchem sich eine beträchtliche Menge von grossen Blutgefässen ausbreitet. Dieser Sack übernimmt hier zugleich überall einen Theil der Ernährungs-Functionen. Derselbe Urharnsack bildet bei den höheren Säugethieren und beim Menschen nachher die Placenta oder den Mutterkuchen.

Die Ausbildung des Amnion und der Allantois, sowie der gänzliche Verlust der Kiemen und die ausschliessliche Lungenathmung sind die entscheidendsten Charaktere, durch welche sämmtliche Amnionthiere den von uns bisher betrachteten niederen Wirbelthieren sich gegenüber stellen. Dazu kommen noch einige mehr untergeordnete Charaktere, welche in der ganzen Amnioten-Abtheilung sich constant vererben und den Amnionlosen allgemein fehlen. Ein auffallender embryonaler Charakter der Amnioten besteht in der starken Kopfkrümmung und Nackenkrümmung des Embryo, welche bei den niederen Wirbelthieren entweder gänzlich fehlt oder nur wenig hervortritt. Bei den Amnionlosen ist der Embryo entweder von Anfang an ziemlich gerade gestreckt oder der ganze Körper ist einfach sichelförmig, entsprechend der Wölbung des Dottersackes, dem er mit der Bauchseite anliegt, zusammengekrümmt; aber es sind keine scharfen winkeligen Knickungen im Verlaufe der Längsaxe vorhanden. (Vergl. Taf. IV, Fig. *F*, *A*.) Dagegen tritt bei allen Amnioten schon sehr frühzeitig eine sehr auffallende Knickung des Körpers ein, und zwar in der Weise, dass der Rücken des Embryo sich stark hervorwölbt, der Kopf fast rechtwinkelig gegen die Brust herabgedrückt und der Schwanz gegen den Bauch eingeschlagen erscheint. Das einwärts gekrümmte Schwanzende nähert sich so sehr der Stirnseite des Kopfes, dass sich beide oft beinahe berühren. (Vergl.

Taf. IV und V, sowie Fig. 78 und Fig. 83). Diese auffallende dreifache Knickung des Embryo-Körpers, die wir früher in der Ontogenese des Menschen betrachtet und als Scheitelkrümmung, Nackenkrümmung und Schwanzkrümmung unterschieden haben (S. 263), ist eine charakteristische, gemeinsame Eigenthümlichkeit der Embryonen aller Reptilien, Vögel und Säugethiere. Aber auch in der Ausbildung vieler inneren Organe zeigt sich bei allen Amnionthieren ein Fortschritt, durch den sie sich über die höchsten Amnionlosen erheben. Insbesondere beginnt im Herzen sich eine Scheidewand innerhalb der einfachen Kammer auszubilden, durch welche dieselbe in zwei Kammern, eine rechte und linke, zerfällt. Im Zusammenhang mit der völligen Metamorphose der Kiemenbogen findet eine weitere Entwickelung des Gehörorgans statt. Ebenso zeigt sich ein bedeutender Fortschritt in der Ausbildung des Gehirns, des Skelets, des Muskel-Systems und anderer Theile. Als eine der wichtigsten Veränderungen ist schliesslich noch die Neubildung der Nieren hervorzuheben. Bei allen niederen bis jetzt betrachteten Wirbelthieren haben wir als ausscheidende oder Harn absondernde Apparate die Urnieren angetroffen, welche auch bei allen höheren Wirbelthieren bis zum Menschen hinauf sehr frühzeitig im Embryo auftreten. Allein bei den Amnionthieren verlieren diese uralten Urnieren schon frühzeitig während des Embryolebens ihre Funktion, und diese wird von den bleibenden „secundären Nieren“ übernommen, welche aus dem Endabschnitte der Urnierengänge hervorwachsen.

Wenn Sie nun alle diese Eigenthümlichkeiten der Amnionthiere nochmals zusammenfassend überblicken, so werden Sie nicht zweifeln können, dass alle Thiere dieser Gruppe, alle Reptilien, Vögel und Säugethiere, gemeinsamen Ursprungs sind, und eine einzige stammverwandte Hauptabtheilung bilden. Zu dieser gehört aber auch unser eigenes Geschlecht. Auch der Mensch ist seiner ganzen Organisation und Keimesgeschichte nach ein echtes Amnionthier und stammt mit allen übrigen Amnioten zusammen von dem Protamnion ab. Wenn auch schon zu Ende (oder vielleicht selbst in der Mitte) des paläozoischen Zeitalters entstanden, kam dennoch die ganze Gruppe erst während des mesozoischen Zeitalters zu ihrer vollen Entfaltung und Blüthe. Die beiden Klassen der Vögel und Säugethiere treten innerhalb dieser Hauptperiode überhaupt zuerst auf. Aber auch die Reptilien-Klasse entfaltete erst innerhalb

derselben ihre ganze Mannichfaltigkeit und nach ihr wird sie sogar „das Zeitalter der Reptilien“ genannt. Auch das unbekannte ausgestorbene Protamnion, die Stammform der ganzen Gruppe, wird in ihrer gesammten Organisation den Reptilien sehr nahe verwandt gewesen sein, wenn gleich sie nicht als ein echtes Reptil im heutigen Sinne zu betrachten ist[98]. Unter allen bekannten Reptilien werden gewisse Eidechsen dem Protamnion am nächsten gestanden haben; und die äussere Körperform des letzteren können wir uns als eine Mittelbildung zwischen Salamander und Eidechse vorstellen.

Den Stammbaum der ganzen Amnioten-Gruppe legt uns ihre vergleichende Anatomie und Ontogenie klar vor Augen. Die nächste Descendenten-Gruppe des Protamnion spaltete sich in zwei divergirende Aeste oder Hauptlinien, die sich sehr verschiedenartig entwickelten. Die eine Hauptlinie, welche demnächst allein unser ganzes Interesse in Anspruch nehmen wird, bildet die Klasse der Säugethiere (*Mammalia*). Die andere Hauptlinie, welche nach einer ganz anderen Richtung hin sich fortschreitend entwickelte, und die nur an der Wurzel mit der Säugethierlinie zusammenhängt, ist die umfangreiche vereinigte Gruppe der Reptilien und Vögel, welche man als Monocondylien oder Sauropsiden zusammenfassen kann. Als gemeinsame Stammform dieser Hauptlinie ist ein ausgestorbenes eidechsenartiges Reptil zu betrachten. Aus diesem haben sich als mannichfach divergirende Zweige die Schlangen, Crocodile, Schildkröten, Drachen u. s. w., kurz alle die verschiedenen Formen der Reptilien-Klasse entwickelt. Aber auch die merkwürdige Klasse der Vögel hat sich direct aus einem Zweige der Reptilien-Gruppe entwickelt, wie jetzt mit absoluter Sicherheit fest steht. Die Embryonen der Reptilien und Vögel sind noch bis in späte Zeit hinein identisch und theilweise auch noch später überraschend ähnlich. (Vergl. Taf. IV, Fig. *T* und *H*.) Ihre ganze Organisation stimmt so auffallend überein, dass kein Anatom mehr an der Abstammung der Vögel von den Reptilien zweifelt. Die Säugethier-Linie hat zwar an der tiefsten Wurzel mit der Reptilien-Linie zusammengehangen, dann aber sich völlig von ihr getrennt und ganz eigenartig entwickelt. Als höchstes Entwickelungs-Product dieser Säugethier-Linie tritt uns der Mensch entgegen, die sogenannte „Krone der Schöpfung“.

Neunzehnter Vortrag.

Die Ahnen-Reihe des Menschen.

IV. Vom Ursäuger bis zum Affen.

„Ein Jahrhundert anatomischer Untersuchung bringt uns zu der Folgerung Linné's, des grossen Gesetzgebers der systematischen Zoologie, zurück, dass der Mensch ein Glied derselben Ordnung ist, wie die Affen und Lemuren. Es bietet wohl kaum eine Säugethierordnung eine so ausserordentliche Reihe von Abstufungen dar, wie diese; sie führt uns unmerklich von der Krone und Spitze der thierischen Schöpfung zu Geschöpfen herab, von denen scheinbar nur ein Schritt zu den niedrigsten, kleinsten und wenigst intelligenten Formen der placentalen Säugethiere ist. Es ist, als ob die Natur die Anmaassung des Menschen selbst vorausgesehen hätte, als wenn sie mit altrömischer Strenge dafür gesorgt hätte, dass sein Verstand durch seine eigenen Triumphe die Sclaven in den Vordergrund stelle, den Eroberer daran mahnend, dass er nur Staub ist."

THOMAS HUXLEY (1863).

Inhalt des neunzehnten Vortrages.

Die Säugethier-Natur des Menschen. Gemeinsame Abstammung aller Säugethiere von einer einzigen Stammform (Promammale). Spaltung der Amnionthiere in zwei Hauptlinien: einerseits Reptilien und Vögel, anderseits Säugethiere. Zeitpunkt der Entstehung der Säugethiere: die Trias-Periode. Die drei Hauptgruppen oder Unterklassen der Säugethiere: Genealogisches Verhältniss derselben. Sechzehnte Ahnenstufe: Kloakenthiere (Monotremen oder Ornithodelphien). Die ausgestorbenen Ursäuger (Promammalien) und die heute noch lebenden Schnabelthiere (Ornithostomen). Siebzehnte Ahnenstufe: Beutelthiere (Marsupialien oder Didelphien). Ausgestorbene und lebende Beutelthiere. Ihre Mittelstellung zwischen den Monotremen und Placentalien. Entstehung und Organisation der Placentalthiere (Placentalien oder Monodelphien). Bildung der Placenta oder des Aderkuchens (Mutterkuchen und Fruchtkuchen). Die hinfällige Fruchthaut (Decidua). Gruppe der Indeciduen und der Deciduaten. Die Bildung der Decidua (vera, serotina, reflexa) beim Menschen und bei den Affen. Achtzehnte Stufe: Halbaffen (Prosimiae). Neunzehnte Stufe: Schwanzaffen (Menocerca). Zwanzigste Stufe: Menschenaffen (Anthropoiden). Sprachlose und sprechende Menschen.

XIX.

Meine Herren!

Unter den zoologischen Thatsachen, welche uns bei unseren Untersuchungen über den Stammbaum des Menschengeschlechtes als feste Stützpunkte dienen, ist jedenfalls eine der wichtigsten und fundamentalsten die Stellung des Menschen in der Klasse der Säugethiere (*Mammalia*). Wie verschieden auch im Einzelnen die Zoologen seit langer Zeit die Stellung des Menschen innerhalb dieser Klasse beurtheilen, und wie verschieden namentlich auch die Auffassung seiner Beziehungen zu der nächstverwandten Gruppe der Affen erscheinen mag, so ist doch niemals ein Naturforscher darüber im Zweifel gewesen, dass der Mensch seiner ganzen körperlichen Organisation und Entwickelung nach ein echtes Säugethier sei. Wie Sie sich in jedem anatomischen Museum und in jedem Handbuche der vergleichenden Anatomie überzeugen können, besitzt der Mensch alle diejenigen Eigenthümlichkeiten, in denen alle Säugethiere übereinstimmen, und durch welche sie sich von allen übrigen Thieren bestimmt unterscheiden.

Wenn wir nun diese feststehende anatomische Thatsache im Lichte der Descendenz-Theorie phylogenetisch deuten, so ergiebt sich für uns daraus unmittelbar die Folgerung, dass der Mensch mit allen übrigen Säugethieren eines gemeinsamen Stammes ist und von einer und derselben Wurzel mit ihnen abstammt. Die vielerlei Eigenthümlichkeiten, in denen sämmtliche Säugethiere übereinstimmen, und durch die sie sich vor allen anderen Thieren auszeichnen, sind aber der Art, dass gerade hier eine polyphyletische Hypothese ganz unzulässig erscheint. Unmöglich können wir uns vorstellen, dass die sämmtlichen lebenden und ausgestorbenen Säugethiere von mehreren verschiedenen und ursprünglich getrennten Wurzelformen abstammen. Vielmehr müssen wir, wenn wir über-

haupt die Entwickelungs-Theorie anerkennen, die monophyletische Hypothese aufstellen, dass **alle Säugethiere mit Inbegriff des Menschen von einer einzigen gemeinsamen Säugethier-Stammform abzuleiten** sind. Wir wollen diese längst ausgestorbene uralte Wurzelform und ihre nächsten (nur etwa als mehrfache Species eines Genus verschiedenen) Descendenten als **Ursäuger** oder **Stammsäuger** (*Promammalia*) bezeichnen. Wie wir bereits gesehen haben, entwickelte sich diese Wurzelform aus dem uralten Protamnien-Stamm in einer ganz anderen Richtung, als die Abtheilung der Reptilien, aus der später die höher entwickelte Klasse der Vögel hervorging. Die Unterschiede, welche die Säugethiere einerseits, die Reptilien und Vögel anderseits auszeichnen, sind so bedeutend und charakteristisch, dass wir mit voller Sicherheit eine solche einfache Gabelspaltung des Wirbelthier-Stammbaumes an seiner Spitze annehmen dürfen. Die Reptilien und Vögel (welche man als Monocondylien oder Sauropsiden zusammenfassen kann) stimmen namentlich ganz überein in der charakteristischen Bildung des **Schädels** und des Gehirns, die von derjenigen der Säugethiere sich auffallend unterscheidet. Der Schädel ist bei den Reptilien und Vögeln durch einen einfachen, bei den Säugethieren hingegen (wie bei den Amphibien) durch einen doppelten Gelenkhöcker (*Condylus*) des Hinterhauptes mit dem ersten Halswirbel (dem *Atlas*) verbunden. Bei den ersteren ist der Unterkiefer aus vielen Stücken zusammengesetzt und mit dem Schädel durch einen besonderen Kieferstiel (das Quadratbein) beweglich verbunden; bei den letzteren hingegen besteht der Unterkiefer nur aus einem Paar Knochenstücken, die unmittelbar an dem Schläfenbein eingelenkt sind. Ferner ist bei den Sauropsiden (Reptilien und Vögeln) die Haut mit Schuppen oder Federn, bei den Säugethieren mit Haaren bedeckt. Die rothen Blutzellen der ersteren besitzen einen Kern, die der letzteren dagegen nicht. Die Eier der ersteren sind sehr gross, mit einem mächtigen Nahrungsdotter ausgerüstet und erleiden partiale (discoidale) Furchung; die Eier der letzteren sind sehr klein, ohne Nahrungsdotter und der totalen (pseudototalen) Furchung unterworfen (S. 166). Auch das Gehirn entwickelt sich bei den ersteren ganz anders als bei den letzteren. Zwei ganz charakteristische Eigenschaften der Säugethiere endlich, durch welche sie sich sowohl von den Vögeln und Reptilien, wie von allen übrigen Thieren unterscheiden, sind erstens der Besitz

eines vollständigen Zwerchfelles und zweitens der Besitz der Milchdrüsen, welche die Ernährung des neugeborenen Jungen durch die Milch der Mutter vermitteln. Nur bei den Säugethieren bildet das Zwerchfell eine quere Scheidewand der Leibeshöhle, welche Brusthöhle und Bauchhöhle vollständig von einander trennt. (Vergl. Taf. III, Fig. 16*z*.) Nur bei den Säugethieren säugt die Mutter ihr Junges mit ihrer Milch, und mit vollem Rechte trägt die ganze Klasse davon ihren Namen.

Aus diesen bedeutungsvollen Thatsachen der vergleichenden Anatomie und Ontogenie geht mit voller Sicherheit hervor, dass der Stamm der Amnionthiere oder Amnioten sich schon gleich unten an seiner Wurzel in zwei divergente Hauptlinien gespalten hat: einerseits in die Linie der Reptilien, aus denen sich später die Vögel entwickelten; anderseits in die Linie der Säugethiere. Aus diesen Thatsachen ergiebt sich ferner mit derselben unzweifelhaften Sicherheit, dass aus der letzteren Linie auch der Mensch entsprungen ist. Denn alle die angeführten Eigenthümlichkeiten theilt der Mensch mit allen Säugethieren und unterscheidet sich dadurch von allen übrigen Thieren. Aus diesen Thatsachen ergeben sich uns endlich auch mit derselben Sicherheit diejenigen Fortschritte in der Wirbelthier-Organisation, durch welche sich ein Zweig der Protamnien in die Stammform der Säugethiere verwandelt hat: als solche Fortschritte können wir vor allen hervorheben: 1) die charakteristische Umbildung des Schädels und des Gehirns; 2) Die Bildung eines Haarkleides (weshalb OKEN die Säugethiere auch „Haarthiere" nannte); 3) die vollständige Ausbildung des Zwerchfelles; und 4) die Bildung der Milchdrüsen und die Anpassung an das Säugegeschäft. Hand in Hand damit bildeten sich dann auch noch andere wichtige Veränderungen in anderen Organen allmählich aus.

Der Zeitpunkt, in dem diese wichtigen Fortschritte stattfanden und in dem somit der erste Grund zur Säugethier-Klasse gelegt wurde, lässt sich mit grosser Wahrscheinlichkeit in den ersten Abschnitt des mesolithischen oder secundären Zeitalters setzen: in die Trias-Periode. Es sind nämlich die ältesten versteinerten Reste von Säugethieren, welche wir kennen, in sedimentären Gesteinschichten gefunden worden, die zu den jüngsten Ablagerungen der Trias-Periode, zum oberen Keuper gehören. Allerdings ist es möglich, dass die Stammformen der Säugethiere schon früher (vielleicht schon

zu Ende der paläolithischen Zeit, in der permischen Periode) auftraten. Allein versteinerte Reste derselben sind uns aus jener Zeit noch nicht bekannt. Auch während des ganzen mesolithischen Zeitalters, während der ganzen Trias-, Jura- und Kreide-Periode, bleiben die fossilen Säugethier-Reste noch sehr spärlich und deuten auf eine geringe Entwickelung der ganzen Klasse. Während dieses mesolithischen Zeitalters spielen vielmehr die Reptilien die Hauptrolle (S. 353) und die Mammalien treten ganz dagegen zurück. Besonders wichtig und interessant ist es aber, dass alle mesolithischen Säugethier-Versteinerungen zu der niederen und älteren Abtheilung der Beutelthiere, einige wahrscheinlich auch zu der noch älteren Abtheilung der Kloakenthiere oder Monotremen gehören. Hingegen finden wir unter denselben noch keine Spuren von der dritten und höchst entwickelten Abtheilung der Säuger, von den Placentalthieren. Die letzteren, zu denen auch der Mensch gehört, sind viel jünger, und wir finden ihre fossilen Reste erst viel später, erst in dem darauf folgenden caenolithischen Zeitalter, in der Tertiärzeit. Diese paläontologische Thatsache ist deshalb sehr bedeutungsvoll, weil sie ganz zu derjenigen Entwickelungsfolge der Mammalien-Ordnungen stimmt, welche aus ihrer vergleichenden Anatomie und Ontogenie unzweifelhaft hervorgeht.

Die letztere lehrt uns, dass die ganze Säugethier-Klasse in drei Hauptgruppen oder Unterklassen zerfällt, welche drei auf einander folgenden phylogenetischen Entwickelungsstufen derselben entsprechen. Diese drei Stufen, welche dem gemäss auch drei wichtige Ahnen Stufen unseres menschlichen Stammbaumes darstellen, hat zuerst im Jahre 1816 der ausgezeichnete französische Zoologe Blainville unterschieden und nach der verschiedenen Bildung der weiblichen Geschlechtsorgane als Ornithodelphien, Didelphien und Monodelphien bezeichnet (*Delphys* ist der griechische Ausdruck für *Uterus*, Gebärmutter oder Fruchtbehälter). Aber nicht allein in dieser verschiedenen Bildung der Geschlechtsorgane, sondern auch in vielen anderen Beziehungen weichen jene drei Unterklassen dergestalt von einander ab, dass wir mit Sicherheit den wichtigen phylogenetischen Satz aufstellen können: Die Monodelphien oder Placentalthiere stammen von den Didelphien oder Beutelthieren ab; und diese letzteren wiederum sind Abkömmlinge der Kloakenthiere oder Ornithodelphien.

Demnach hätten wir jetzt zunächst als die sechzehnte Ahnenstufe unseres menschlichen Stammbaumes die älteste und niederste Hauptgruppe der Säugethiere zu betrachten: die Unterklasse der Kloakenthiere oder Gabler (*Monotremata* oder *Ornithodelphia*). Ihren Namen hat dieselbe von der „Kloake" erhalten, welche sie noch mit sämmtlichen niederen Wirbelthieren theilt. Diese sogenannte „Kloake" ist die gemeinsame Ausführungshöhle für die Excremente des Darmes, für den Harn und für die Geschlechtsprodukte. Es münden nämlich bei diesen Kloakenthieren die Harnleiter und die Geschlechtscanäle noch in den untersten Theilen des Darmes ein, während sie bei allen übrigen Säugethieren vom Mastdarm und After vollständig getrennt sind und durch eine besondere „Harn-Geschlechts-Oeffnung" (*Porus urogenitalis*) münden. Auch die Harnblase (der unterste Theil der Allantois) mündet bei den Monotremen noch in die Kloake, und zwar getrennt von den beiden Harnleitern; bei allen anderen Mammalien münden letztere direct in die Harnblase. Ganz eigenthümlich ist ferner bei den Monotremen die Bildung der *Mamma* oder der Milchdrüse, mittelst welcher alle Säugethiere ihre neugeborenen Jungen längere Zeit hindurch säugen. Die Milchdrüse hat hier nämlich noch keine Milchzitze oder Brustwarze, an welcher das junge Thier saugen könnte; sondern es ist nur eine besondere, einfach siebförmig durchlöcherte Stelle der Haut vorhanden, aus der die Milch hervortritt und von welcher das junge Kloakenthier dieselbe ablecken muss. Man hat sie deshalb wohl auch Zitzenlose (*Amasta*) genannt. Ferner ist das Gehirn der Kloakenthiere auf einer viel tieferen Stufe der Ausbildung stehen geblieben, als dasjenige aller übrigen Säugethiere. Namentlich ist das Vorderhirn oder Grosshirn hier noch so klein, dass es das Hinterhirn oder Kleinhirn von hinten her gar nicht bedeckt. Am Skelet (Fig. 120) ist neben anderen Theilen besonders die Bildung des Schultergürtels merkwürdig, die ganz von derjenigen der übrigen Säugethiere abweicht und vielmehr mit derjenigen der niederen Wirbelthiere, namentlich der Reptilien und Amphibien übereinstimmt. Gleich den letzteren besitzen nämlich die Monotremen ein sehr entwickeltes „Rabenbein" (*Coracoideum*), einen starken Knochen, der das Schulterblatt mit dem Brustbeine verbindet. Bei allen übrigen Säugern ist das Rabenbein (wie beim Menschen) verkümmert, mit dem Schulterblatt verwachsen, und erscheint nur als ein unbedeutender Fortsatz des letzteren. Aus diesen und



Fig. 120.



Fig. 121.

Fig. 120. Skelet des Wasser-Schnabelthieres von Neuholland (*Ornithorhynchus paradoxus*).

Fig. 121. Das Wasser-Schnabelthier (*Ornithorhynchus paradoxus*).

noch vielen anderen, weniger auffallenden Eigenthümlichkeiten geht mit Sicherheit hervor, dass die Kloakenthiere unter den Säugethieren die tiefste Stufe einnehmen und eine unmittelbare Zwischenform zwischen den Amphibien (bezüglich den Protamnien) und den übri-

gen Mammalien (zunächst den Beutelthieren) darstellen. Alle jene merkwürdigen Amphibien-Charaktere wird auch noch die Stammform der ganzen Säugethier-Klasse, das Promammale, besessen und von den Uramnioten geerbt haben.

Während der Trias- und Jura-Periode wird die Unterklasse der Monotremen durch viele und mannichfaltig gestaltete Stammsäuger vertreten gewesen sein. Heutzutage leben von derselben nur noch zwei letzte, vereinzelte Ueberbleibsel, die wir in der Familie der Schnabelthiere (*Ornithostoma*) zusammenfassen. Beide Schnabelthiere sind auf Neuholland und die nahe gelegene Insel Vandiemens-Land (oder Tasmanien) beschränkt; beide werden alljährlich seltener und werden bald, gleich ihren sämmtlichen Blutsverwandten, zu den ausgestorbenen Thieren unseres Erdballs gehören. Die eine Form lebt schwimmend in Flüssen und baut sich unterirdische Wohnungen am Ufer derselben: das ist das bekannte Wasser-Schnabelthier (*Ornithorhynchus paradoxus*), mit Schwimmhäuten an den Füssen, einem dichten weichen Pelz und breiten platten Kiefern, die einem Entenschnabel sehr ähnlich sehen (Fig. 120, 121). Die andere Form, das Land-Schnabelthier (*Echidna hystrix*), hat in der Lebensweise und in der charakteristischen Bildung des dünnen Rüssels und der sehr langen Zunge viel Aehnlichkeit mit den Ameisenfressern; sie ist mit Stacheln bedeckt und kann sich zusammenkugeln, wie ein Igel. Beide noch heute lebende Schnabelthiere besitzen keine wahren knöchernen Zähne und gleichen darin den Zahnlosen (*Edentata*). Dieser Zahnmangel ist gleich anderen Eigenthümlichkeiten der Ornithostomen wohl als ein spät erworbener Anpassungs-Charakter zu betrachten. Hingegen werden diejenigen ausgestorbenen Monotremen, welche die Stammformen der ganzen Säugethier-Klasse enthielten, die Stammsäuger (*Promammalia*), sicher mit einem entwickelten (schon von den Fischen ererbten) Gebiss versehen gewesen sein[99]. Einzelne kleine Backenzähne, welche in den obersten Schichten des Keupers in Würtemberg und England gefunden worden und welche die ältesten uns bekannten Säugethier-Reste sind, gehören wahrscheinlich solchen uralten Promammalien an. Die Zähne deuten durch ihre Form auf Insecten-Nahrung hin; die Species, der sie angehörten, hat man *Microlestes antiquus* genannt. Zähne eines anderen, nahe verwandten Ursäugethieres (*Dromatherium silvestre*) sind neuerdings in der Trias von Nordamerika gefunden worden.

Als zwei verschiedene und weit divergirende Descendenz-Linien dieser Ursäuger oder Promammalien sind einerseits die heute noch lebenden Schnabelthiere, anderseits die Stammformen der **Beutelthiere** (*Marsupialia* oder *Didelphia*) zu betrachten. Diese zweite Unterklasse der Säugethiere ist von hohem Interesse, als eine vollkommene Zwischenstufe zwischen den beiden anderen; während die Beutelthiere einerseits einen grossen Theil von den Eigenthümlichkeiten der Monotremen beibehalten, besitzen sie anderseits schon einen grossen Theil von den Merkmalen der Placentalthiere. Einzelne Charaktere sind auch den Marsupialien allein eigenthümlich, so namentlich die Bildung der männlichen und weiblichen Geschlechts-Organe und die Form des Unterkiefers. Die Beutelthiere zeichnen sich nämlich durch einen eigenthümlichen hakenförmigen, horizontalen Knochen-Fortsatz aus, welcher vom Winkel des Unterkiefers nach innen vorspringt. Da weder die Monotremen, noch die Placentalien diesen Fortsatz besitzen, so ist man im Stande, an dieser Bildung allein das Beutelthier als solches zu erkennen. Nun sind fast alle Säugethier-Versteinerungen, welche wir aus der Jura- und Kreide-Formation kennen, bloss Unterkiefer. Von zahlreichen mesolithischen Säugethieren, von deren einstiger Existenz wir sonst gar Nichts wissen würden, giebt uns allein ihr fossiler Unterkiefer Kunde, während von ihrem ganzen übrigen Körper kein einziges Stück conservirt ist. Nach der gewöhnlichen Logik, welche die „exacten" Gegner der Descendenz-Theorie in der Paläontologie anwenden, müsste man hieraus schliessen, dass jene Säugethiere weiter gar keinen Knochen als den Unterkiefer besassen. Indessen erklärt sich dieser auffallende Umstand im Grunde ganz einfach. Da nämlich der Unterkiefer der Säugethiere ein Knochen von besonderer Festigkeit, aber nur sehr locker mit dem Schädel verbunden ist, so löst er sich bei dem auf dem Flusse treibenden Leichnam leicht ab, fällt auf den Boden des Flusses und wird in dessen Schlamm conservirt. Das übrige Cadaver treibt weiter und wird allmählig zerstört. Da nun alle die Unterkiefer von Säugethieren, welche wir in den Jura-Schiefern von Stonesfield und Purbeck in England finden, jenen eigenthümlichen Fortsatz zeigen, durch welchen sich der Unterkiefer der Beutelthiere auszeichnet, so dürfen wir aus dieser paläontologischen Thatsache schliessen, dass sie Marsupialien angehört haben. Placentalthiere scheinen während des mesolithischen Zeitraums noch gar nicht existirt zu

haben. Wenigstens kennen wir mit Sicherheit noch keine fossilen Reste derselben aus diesem Zeitraume.

Die heute noch lebenden Beutelthiere, von denen die pflanzenfressenden Kängurulis und die fleischfressenden Beutelratten (Fig. 122) die bekanntesten sind, zeigen in ihrer Organisation, Körperform und Grösse sehr beträchtliche Verschiedenheiten und entsprechen in vielen Beziehungen den einzelnen Ordnungen der Placentalthiere. Die grosse Mehrzahl derselben lebt in Australien, auf Neuholland und auf einem kleinen Theile der australischen und südasiatischen Inselwelt; einige wenige Arten finden sich auch in Amerika. Hingegen lebt gegenwärtig kein einziges Beutelthier mehr auf dem Festlande von Asien, in Afrika und in Europa. Ganz anders war dies Verhältniss während der mesolithischen und auch noch während der älteren caenolithischen Zeit. Denn die neptunischen Ablagerungen dieser Periode enthalten zahlreiche und sehr verschiedenartige Reste von Beutelthieren (theilweise von Elephanten-Grösse!) in den verschiedensten Theilen der Erde, auch in Europa. Daraus dürfen wir schliessen, dass die heute lebenden Marsupialien nur einen letzten Rest von einer früher viel entwickelteren Gruppe darstellen, die in sehr vielen Formen über die ganze Erdoberfläche verbreitet war. Während der Tertiär-Zeit unterlag dieselbe im Kampfe um's Dasein den mächtigeren Placentalthieren, und die überlebenden Reste wurden von letzteren allmählich auf ihren jetzigen beschränkten Verbreitungsbezirk zurückgedrängt.

Aus der vergleichenden Anatomie der heute noch lebenden Beutelthiere können wir sehr interessante Schlüsse auf ihre phylogenetische Mittelstellung zwischen Kloakenthieren und Placentalthieren ziehen. Die mangelhafte Ausbildung des Gehirns (besonders des grossen Gehirns), den Besitz von Beutelknochen (*Ossa marsupialia*), sowie die einfache Bildung der Allantois (die noch keine Placenta entwickelt!) haben die Beutelthiere nebst manchen anderen Eigenthümlichkeiten von den Monotremen geerbt und conservirt. Hingegen haben sie das selbstständige Schnabelbein (*Os coracoideum*) am Schultergürtel verloren. Ein wichtiger Fortschritt aber besteht namentlich darin, dass die Kloakenbildung aufhört; die Mastdarmhöhle mit der Afteröffnung wird durch eine Scheidewand von der Harn- und Geschlechts-Oeffnung (vom *Sinus urogenitalis*) getrennt. Ferner entwickeln alle Beutelthiere besondere Zitzen an den Milchdrüsen, Saugwarzen, an welchen das neugebo-



Fig. 122.

rene Junge sich ansaugt. Die Zitzen ragen in den Hohlraum einer Tasche oder eines Beutels an der Bauchseite der Mutter hinein. In diesem Beutel, der durch ein paar Beutelknochen gestützt wird, und von welchem die ganze Unterklasse ihren Namen führt, werden die Jungen, die in sehr unvollkommenem Zustande geboren werden, von der Mutter längere Zeit umhergetragen und fertig ausgebildet (Fig. 122). Bei dem grossen Riesen-Känguruh, welches mannshoch wird, entwickelt sich der Embryo nur einen Monat lang im Uterus,

---

Fig. 122. Die krebsfressende Beutelratte (*Philander cancrivorus*). Das Weibchen trägt zwei Junge im Beutel.

wird dann in höchst unvollkommenem Zustande geboren und erreicht seine ganze weitere Ausbildung im Beutel der Mutter, wo er gegen neun Monate an der Zitze der Milchdrüse angesaugt hängen bleibt.

Aus allen diesen und anderen Eigenthümlichkeiten (insbesondere auch aus der eigenthümlichen Bildung der inneren und äusseren Geschlechts-Organe beim Männchen und Weibchen) geht klar hervor, dass wir die ganze Unterklasse der Beutelthiere als eine einheitliche Stammgruppe auffassen müssen, die sich aus dem Promammalien-Zweige hervorgebildet hat. Aus einem Zweige dieser Marsupialien (vielleicht aus mehreren) sind später die Stammformen der höheren Säugethiere, der Placentalthiere, hervorgegangen. Wir müssen daher unter den Vorfahren des Menschengeschlechts eine ganze Reihe von Beutelthieren annehmen, welche die siebzehnte Stufe unseres Stammbaumes bilden[100]).

Die noch übrigen Stufen unserer Ahnen-Reihe, von der achtzehnten bis zur zweiundzwanzigsten, gehören nun sämmtlich zur Gruppe der Placentalthiere (*Placentalia*). Diese dritte und letzte, höchst entwickelte Abtheilung der Säugethierklasse ist erst in einem beträchtlich späteren Zeitraum auf die Weltbühne getreten. Wir kennen keine einzige Versteinerung aus der ganzen secundären oder mesolithischen Zeit, welche mit Sicherheit auf ein Placentalthier zu beziehen wäre, während wir massenhafte Versteinerungen von Placentalien aus allen Abschnitten der Tertiär-Zeit oder des caenolithischen Zeitalters besitzen. Aus dieser paläontologischen Thatsache dürfen wir wohl vorläufig den Schluss ziehen, dass diese dritte und letzte Hauptabtheilung der Säugethiere sich erst im Beginne der caenolithischen oder frühestens zu Ende der mesolithischen Zeit (während der Kreide-Periode) aus den Beutelthieren entwickelt hat. Sie erinnern sich aus der früheren Uebersicht der geologischen Formationen und Zeiträume (S. 350 und 357), wie verhältnissmässig kurz dieses ganze tertiäre oder caenolithische Zeitalter war. Wir konnten, auf die Vergleichung der relativen Schichtenmächtigkeit der verschiedenen Formationen gestützt, behaupten, dass dieser ganze Abschnitt, während dessen die placentalen Säugethiere entstanden sind und sich ausbildeten, höchstens gegen drei Procent von der ganzen Länge der organischen Erdgeschichte beträgt (vergl. S. 356). Das ist eine sehr wichtige und lehrreiche Thatsache, die vollkommen mit unseren phylogenetischen Hypothesen übereinstimmt.

Sämmtliche Placentalthiere unterscheiden sich von den bisher betrachteten beiden niederen Abtheilungen der Säugethiere, von den Monotremen und Marsupialien, durch eine Anzahl von hervorragenden Eigenthümlichkeiten. Alle diese Charaktere besitzt auch der Mensch, und das ist eine Thatsache von der grössten Bedeutung. Denn wir können auf Grund der genauesten vergleichend-anatomischen und ontogenetischen Untersuchungen den unwiderleglichen Satz aufstellen: „Der Mensch ist in jeder Beziehung ein echtes Placentalthier;" er besitzt alle die Eigenthümlichkeiten im Körperbau und in der Entwickelung, durch welche sich die Placentalien sowohl vor den beiden niederen Abtheilungen der Säugethiere, als auch zugleich vor allen übrigen Thieren auszeichnen. Unter diesen charakteristischen Eigenthümlichkeiten ist besonders die höhere Entwickelung des Gehirns, des Seelen-Organs hervorzuheben. Namentlich entwickelt sich das Vorderhirn oder das Grosshirn bei ihnen bedeutend höher als bei den niederen Thieren. Der Balken oder Schwielenkörper des Grosshirns (*Corpus callosum*), welcher als grosse Querbrücke oder mittlere Commissur die beiden Halbkugeln des grossen Gehirns mit einander verbindet, kommt allein bei den Placentalien zu vollständiger und mächtiger Entwickelung; bei den Marsupialien und Monotremen existirt er nur in sehr unbedeutender Anlage. Freilich schliessen sich die niedersten Placentalthiere (besonders einige Edentaten) in der Gehirnbildung noch sehr eng an die Beutelthiere an; aber innerhalb der Placentalien-Gruppe können wir eine ununterbrochene Reihe von stetig fortschreitenden Bildungsstufen des Gehirns verfolgen, die ganz allmählig von jener niederen Stufe bis zu dem höchst entwickelten Seelen-Organ der Affen und des Menschen sich erheben. (Vergl. den XX. Vortrag.)

Die Milchdrüsen der Placentalien sind gleich jenen der Marsupialien mit entwickelten Zitzen versehen; niemals aber finden wir bei den ersteren den Beutel, in welchem bei den letzteren das unreife Junge getragen und gesäugt wird. Ebenso fehlen den Placentalthieren die Beutelknochen (*Ossa marsupialia*), jene in der Bauchwand versteckten und auf dem vorderen Beckenrand aufsitzenden Knochen, welche die Beutelthiere mit den Monotremen theilen und welche aus theilweiser Verknöcherung der Sehnen des inneren schiefen Bauchmuskels hervorgehen. Nur bei einzelnen Raubthieren finden sich noch unbedeutende Rudimente derselben. Ganz allgemein

fehlt den Placentalien auch der hakenförmige Fortsatz des Unterkiefer-Winkels, der die Marsupialien auszeichnet.

Diejenige Eigenthümlichkeit jedoch, welche die Placentalien vor allen anderen charakterisirt, und nach welcher man auch mit Recht die ganze Unterklasse benannt hat, ist die Ausbildung der Placenta oder des Aderkuchens. Sie erinnern sich, dass wir schon früher gelegentlich von diesem Organe gesprochen haben, als wir die Entwickelung der Allantois beim menschlichen Embryo verfolgten (S. 272, 274). Den Harnsack oder die Allantois, jene eigenthümliche Blase, welche aus dem hinteren Theile des Darmcanals hervorwächst, fanden wir anfänglich beim menschlichen Embryo ebenso wie beim Keime aller anderen Amnioten gebildet. (Vgl. Fig. 79*u*, 81*t*, 82, S. 272.) Die dünne Wand dieses Sackes besteht aus denselben beiden Blättern oder Häuten, aus welchen die Wand des Darmes selbst besteht: nämlich innen aus dem Darmdrüsenblatte und aussen aus dem Darmfaserblatte. Die Höhle des Harnsackes ist mit einer Flüssigkeit gefüllt, welche wohl grösstentheils das Product der Urnieren ist: der Urharn. In dem Darmfaserblatte der Allantois verlaufen mächtige Blutgefässe, welche die Ernährung und besonders die Athmung des Embryo vermitteln: die Nabelgefässe oder Umbilical-Gefässe (S. 284). Bei allen Reptilien und Vögeln entwickelt sich die Allantois zu einem gewaltigen Sack, der den Embryo sammt dem Amnion einschliesst und mit der äusseren Eihaut (dem Chorion) nicht verwächst. Auch bei den Monotremen und Beutelthieren verhält sich die Allantois ebenso. Nur allein bei der Abtheilung der Placentalthiere entwickelt sich dieselbe zu derjenigen höchst eigenthümlichen und merkwürdigen Bildung, welche man eben *Placenta*, Aderkuchen oder Gefässkuchen nennt. Das Wesen dieser Placentalbildung besteht darin, dass die Aeste der Blutgefässe, welche in der Wand der Allantois verlaufen, in die hohlen Zotten des Chorion hineinwachsen, welche in entsprechende Vertiefungen der mütterlichen Uterus-Schleimhaut hineingreifen. Da nun diese letztere ebenfalls reichlich von Blutgefässen durchzogen ist, welche das Blut der Mutter zum Fruchtbehälter hinleiten, und da die Scheidewand zwischen diesen mütterlichen Blutgefässen und jenen kindlichen Gefässen in den Chorion-Zotten bald in hohem Grade verdünnt wird, so entwickelt sich zwischen den beiderlei Gefässen ein unmittelbarer Stoffaustausch, der für die Ernährung des jungen Säugethieres von der

grössten Bedeutung ist. Allerdings gehen die mütterlichen Blutgefässe nicht geradezu (durch Anastomose) in die kindlichen Blutgefässe der Chorion-Zotten über, so dass etwa beide Blut-Arten sich einfach vermischten. Aber die Zwischenwand zwischen beiderlei Gefässen wird so sehr verdünnt, dass durch sie hindurch (mittelst Transsudation oder Diosmose) der Austausch der wichtigsten Nahrungsstoffe ohne alle Schwierigkeiten stattfindet. Je grösser bei den Placentalthieren der Embryo wird, je längere Zeit derselbe hier im mütterlichen Fruchtbehälter verweilt, desto mehr wird es nothwendig, besondere Organisations-Einrichtungen für den massenhaften Nahrungsverbrauch desselben zu treffen. In dieser Beziehung besteht ein sehr auffallender Gegensatz zwischen den niederen und den höheren Säugethieren. Bei den Monotremen und Marsupialien, wo der Keim verhältnissmässig kurze Zeit im Fruchtbehälter verweilt, und in sehr unvollkommenem und unreifem Zustande geboren wird, genügen für seine Ernährung die Circulations-Verhältnisse im Dottersack und in der Allantois, wir wir sie auch bei Vögeln und Reptilien treffen. Bei den Placentalthieren hingegen, wo die Schwangerschaft sich sehr verlängert, wo der Embryo im mütterlichen Uterus viel längere Zeit hindurch verweilt, und unter dem Schutze der ihn umgebenden Hüllen seine vollständige Ausbildung erreicht, muss nothwendig durch einen neuen Mechanismus eine directe Zufuhr von reichlicherem Nahrungsmaterial vermittelt werden, und das geschieht in ausgezeichneter Weise durch die Entwickelung der Placenta.

Um nun die Bildung dieser Placenta und ihrer wichtigen Modificationen bei den verschiedenen Placentalthieren klar zu verstehen und richtig zu würdigen, müssen wir zunächst nochmals einen Rückblick auf jene äusseren Hüllen des Säugethier-Eies werfen, welche wir früher unter dem Namen des Chorion und der serösen Hülle kennen gelernt haben. Was zunächst das Chorion oder die „äussere Eihülle" betrifft, so werden sie sich erinnern, dass wir mit diesem Namen anfangs jene structurlose äussere Eihülle belegt haben, welche aus der ursprünglichen Dotterhaut des Eies, der *Zona pellucida*, hervorging (S. 106). Diese durchsichtige, dünne Hülle, welche die aus der Furchung entstandene Keimhautblase (*Blastosphaera*, Fig. 19 *b*, S. 147) eng anliegend umschliesst (Fig. 19 *a*), ist anfänglich glatt, bedeckt sich aber bald mit kleinen, warzenartigen Hervorragungen, den primitiven Chorion-Zotten (Fig. 35 *a*, S. 194;

Fig. 78, 1, 2, 3, *d*: S. 268). Dieselben sind ebenfalls structurlos, durch äussere Auflagerung entstanden, greifen in entsprechende Vertiefungen der Schleimhaut des mütterlichen Uterus hinein und dienen so zur Befestigung des Eichens.

Diese ursprüngliche äussere Eihaut oder das structurlose primäre Chorion scheint schon frühzeitig (beim Menschen vielleicht schon in der zweiten Woche der Entwickelung) zu verschwinden, und an ihre Stelle tritt die bleibende äussere Eihaut oder das secundäre Chorion. Dieses letztere ist aber nichts Anderes als die „seröse Hülle“, deren Entstehung aus dem äusseren Keimblatte der Keimhautblase wir schon früher kennen gelernt haben. (Vergl. S. 275 und Fig. 78, 4, 5, *sh*; S. 268.) Anfänglich ist das eine ganz glatte und dünne Membran, welche als geschlossene kugelige Blase das ganze Ei umgiebt. Sehr bald aber bedeckt sich auch dieses secundäre Chorion mit einer Masse kleiner Hervorragungen oder Zotten (Fig. 78, 5, *chz*). Diese greifen ebenfalls in Vertiefungen der Uterus-Schleimhaut hinein und befestigen so das Eichen an der Wand des Fruchtbehälters. Aber sie sind nicht solid, sondern hohle Ausstülpungen, Handschuhfingern ähnlich. Gleich dem ganzen secundären Chorion bestehen auch die hohlen Zotten desselben aus einer dünnen Zellenlage, welche der Hornplatte angehört. Sehr rasch erreichen sie eine ausserordentliche Entwickelung, indem sie kräftig wachsen und sich verästeln. Ueberall sprossen dazwischen neue Zotten aus der serösen Hülle hervor, und so ist bald (beim menschlichen Embryo schon in der dritten Woche) die ganze äussere Oberfläche des Eies mit einem dichten Walde der zierlichsten Zotten bekleidet (Fig. 82 und 83, S. 272).

In diese hohlen Zotten wachsen nun von innen her verästelte Blutgefässe hinein, welche von dem Darmfaserblatte der Allantois stammen, und welche das kindliche Blut durch die Nabelgefässe zugeführt erhalten (Fig. 124 *chz*, S. 479). Auf der anderen Seite entwickeln sich dichte Blutgefäss-Netze in der Schleimhaut, welche die Innenfläche des mütterlichen Fruchtbehälters oder Uterus auskleidet, vorzugsweise in der Umgebung der Vertiefungen, in welche die Chorion-Zotten hineinragen (Fig. 124 *plu*). Diese Adernetze erhalten mütterliches Blut durch die Uterus-Gefässe zugeführt. Die Gesammtheit nun dieser beiderlei Gefässe, welche hier in die innigste Wechselwirkung treten, sammt dem verbindenden und umhüllenden Binde-

gewebe, heisst der Aderkuchen oder Gefässkuchen (*Placenta*). Eigentlich ist demnach die Placenta aus zwei ganz verschiedenen, obwohl innig verbundenen Theilen zusammengesetzt: innen aus dem Fruchtkuchen oder dem kindlichen Gefässkuchen (*Placenta foetalis*), aussen aus dem Mutterkuchen oder dem mütterlichen Gefässkuchen (*Placenta uterina*). Letzterer wird von der Uterus-Schleimhaut und deren Blutgefässen, ersterer von dem secundären Chorion und den Nabelgefässen des Embryo gebildet.

Die Art und Weise nun, in welcher diese beiderlei Gefässkuchen sich zur Placenta verbinden, sowie die Structur, Form und Grösse der letzteren sind bei den verschiedenen Placentalthieren sehr verschieden und liefern uns sehr werthvolle Anhaltepunkte zur natürlichen Classification und demgemäss auch zur Stammesgeschichte dieser ganzen Unterklasse. Auf Grund dieser Unterschiede zerfällen wir dieselbe zunächst in zwei Hauptabtheilungen: die niederen Placentalthiere, welche als *Indecidua*, und die höhern Placentalthiere, welche als *Deciduata* bezeichnet werden.

Zu den Indeciduen oder den niederen Placentalien gehören erstens die umfangreiche Gruppe der Hufthiere (*Ungulata*): die Tapire, Pferde, Schweine, Wiederkäuer u. s. w.; zweitens die Walfische (*Cetacea*) und drittens die Scharrthiere (*Effodientia*). Bei allen diesen Indeciduen bleiben die Chorion-Zotten auf der ganzen Oberfläche des Chorion (oder auf dem grössten Theile derselben) zerstreut (einzeln oder büschelweise gruppirt). Ihre Verbindung mit der Uterus-Schleimhaut ist nur ganz locker, so dass man ohne viel Gewalt und mit Leichtigkeit die ganze äussere Eihaut sammt ihren Zotten aus den Vertiefungen der Uterus-Schleimhaut herausziehen kann, wie die Hand aus dem Handschuh. Es findet an keinem Theile der Berührungsfläche eine wahre Verwachsung der beiderlei Gefässkuchen statt. Daher wird bei der Geburt der Fruchtkuchen (die *Placenta foetalis*) allein entfernt; der Mutterkuchen (die *Placenta uterina*) wird nicht mit ausgestossen. Ueberhaupt ist die Schleimhaut des schwangeren Uterus nur wenig verändert und erleidet bei der Geburt keinen directen Substanz-Verlust.

Ganz anders ist die Bildung der Placenta bei der zweiten und höheren Abtheilung der Placentalthiere, bei den Deciduaten. Zu dieser umfangreichen und höchst entwickelten Säugethiergruppe gehören die sämmtlichen Raubthiere und Insectenfresser, die Nage-

thiere und Elephanten, die Fledermäuse und Halbaffen, endlich die Affen und der Mensch. Bei allen diesen Deciduaten ist zwar anfänglich auch die ganze Oberfläche des Chorion dicht mit Zotten bedeckt (Fig. 82, 83, S. 272). Später aber verschwinden dieselben auf einem Theile der Oberfläche, während sie sich auf dem anderen Theile derselben nur um so stärker entwickeln. So entsteht eine Sonderung zwischen der glatten Eihaut (*Chorion laeve*, Fig. 124 *chl*) und der dichtzottigen Eihaut (*Chorion frondosum*, Fig. 124 *chf*, S. 479). Erstere besitzt nur schwache und spärlich zerstreute oder gar keine Zotten mehr, während letztere mit sehr stark entwickelten und grossen Zotten dicht bedeckt ist; diese letztere allein bildet bei den Deciduaten die Placenta.

Noch bezeichnender aber für die Deciduaten ist die ganz eigenthümliche und höchst innige Verbindung, welche hier zwischen dem Chorion frondosum und der betreffenden Stelle der Uterus-Schleimhaut sich entwickelt, und welche als eine wahre Verwachsung angesehen werden muss. Die blutgefässhaltigen Zotten des Chorion wachsen mit ihren Aesten so in das blutreiche Gewebe der Uterus-Schleimhaut hinein und die beiderlei Gefässe treten hier in so innige Berührung und Durchschlingung, dass man den Fruchtkuchen gar nicht mehr vom Mutterkuchen trennen kann, beide vielmehr ein einheitliches Ganzes, eine compacte, scheinbar einfache, kuchenförmige Placenta bilden. In Folge dieser innigen Verwachsung wird bei der Geburt ein ganzes Stück der mütterlichen Uterus-Schleimhaut zugleich mit den fest daran haftenden Eihüllen entfernt. Dieses bei der Geburt sich abtrennende Stück des mütterlichen Körpers nennen wir wegen seiner Abfälligkeit die abfällige oder hinfällige Haut, oder kurz „Hinfallhaut“ (*Decidua*). Alle höheren Placentalthiere, die eine solche Decidua besitzen, fasst man eben deshalb unter dem bezeichnenden Namen Deciduata zusammen. Mit der Abtrennung der Decidua bei der Geburt ist natürlich auch ein mehr oder minder beträchtlicher Blutverlust der Mutter verbunden, der bei den Indeciduen nicht stattfindet. Auch muss bei den Deciduaten nach der Geburt der verloren gegangene Theil der Uterus-Schleimhaut durch Neubildung ersetzt werden.

Nun ist aber in der umfangreichen Gruppe der Deciduaten die Bildung der Placenta und der Decidua keineswegs überall dieselbe. Vielmehr finden in dieser Beziehung wieder mancherlei wichtige Ver-

schiedenheiten statt, welche mit anderen wichtigen Organisations-Charakteren (z. B. der Bildung des Gehirns, des Gebisses, der Füsse) theilweise zusammenfallen, und daher mit gutem Grunde von uns für die phylogenetische Classification der Placentalthiere verwerthet werden. Zunächst können wir nach der Form der Placenta zwei grössere Gruppen unter den Deciduaten unterscheiden; bei der einen Gruppe ist dieselbe ringförmig oder gürtelförmig, bei der anderen scheibenförmig oder kuchenförmig. Bei den Deciduaten mit gürtelförmiger Placenta (*Zonoplacentalia*) bleiben bloss die beiden Pole des länglich-runden Eies von der Placentabildung frei. Der Gefässkuchen erscheint als ein breiter geschlossener Gürtel, welcher die ganze mittlere Zone des Eies einnimmt. Das ist der Fall bei den Raubthieren (*Carnassia*), sowohl bei den Landraubthieren (*Carnivora*) als bei den Seeraubthieren oder Robben (*Pinnipedia*). Eine gleiche gürtelförmige Placenta besitzen auch die Scheinhufer (*Chelophora*): Elephant, Hyrax und Verwandte, die man früher zu den Hufthieren rechnete. Alle diese Zonoplacentalien gehören einem oder mehreren Seiten-Zweigen der Deciduaten an, die zu dem Menschen in keiner näheren Beziehung stehen.

Die zweite und höchst entwickelte Gruppe bilden die Deciduaten mit scheibenförmiger Placenta (*Discoplacentalia*). Die Placentabildung ist hier am meisten localisirt und am höchsten entwickelt. Die Placenta bildet einen dicken schwammigen Kuchen, der meistens die Gestalt einer kreisrunden oder länglich-runden Scheibe hat und nur an einer Seite der Uterus-Wand anhaftet. Der grössere Theil der kindlichen Eihaut ist hier demnach glatt, ohne entwickelte Zotten. Zu diesen Discoplacentalien gehören die Halbaffen und Insectenfresser, die Nagethiere und Fledermäuse, die Affen und der Mensch. Aus vergleichend anatomischen Gründen dürfen wir schliessen, dass unter diesen verschiedenen Ordnungen die Halbaffen die Stammgruppe bilden, aus welcher sich die übrigen Discoplacentalien, vielleicht sogar sämmtliche Deciduaten als divergirende Zweige entwickelt haben. (Vergl. die XVII. und XVIII. Tabelle.)

Die Halbaffen (*Prosimiae*) sind in der Gegenwart nur noch durch sehr wenige Formen vertreten, welche aber ein hohes Interesse darbieten und als die letzten überlebenden Reste einer vormals formenreichen Gruppe zu betrachten sind. Diese Gruppe ist jedenfalls uralt und spielte wahrscheinlich in der Eocaen-Zeit eine sehr be-

deutende Rolle. Ihre gegenwärtig noch lebenden kümmerlichen Epigonen sind weit über den südlichen Theil der alten Welt zerstreut. Die meisten Arten leben auf Madagascar, einige auf den Sunda-Inseln, einige auf dem Festlande von Asien und von Afrika. In Europa, Amerika und Neuholland sind weder lebende noch fossile Halbaffen gefunden worden. Unter sich sind diese weit zerstreuten Epigonen sehr verschieden. Einige schliessen sich, wie es scheint, nahe an die Beutelthiere (besonders die Beutelratten) an. Andere (*Macrotarsi*) stehen den Insectenfressern, noch andere (*Chiromys*) den Nagethieren sehr nahe. Eine Gattung (*Galeopithecus*) bildet den unmittelbaren Uebergang zu



Fig. 123.

den Fledermäusen. Einige Halbaffen endlich (*Brachytarsi*) schliessen sich eng an die echten Affen an. Unter diesen letzteren giebt es auch einige schwanzlose Formen (z. B. den Lori, *Stenops*, Fig. 123). Aus diesen sehr interessanten und wichtigen Beziehungen der Halbaffen zu den verschiedenen Ordnungen der Discoplacentalien dürfen wir wohl den Schluss ziehen, dass sie unter den heute noch lebenden Vertretern dieser Gruppe diejenigen sind, welche der gemeinsamen uralten Stammform am nächsten standen. Unter den directen

Fig. 123. Der schlanke Lori (*Stenops gracilis*) von Ceylon.

gemeinsamen Vorfahren der Affen und des Menschen werden sich ganz sicher Deciduaten befunden haben, welche wir in die Ordnung der Halbaffen einstellen würden, wenn wir sie heute lebend vor uns sähen. Wir dürfen demnach diese Ordnung als eine besondere Stufe, und zwar im Anschluss an die Beutelthiere als die achtzehnte Stufe unseres menschlichen Stammbaumes aufführen. Wahrscheinlich werden unsere Halbaffen-Ahnen den heutigen Brachytarsiern oder Lemuren (*Lemur*, *Lichanotus*, *Stenops*) nahe gestanden und gleich ihnen eine stille und beschauliche Lebensweise, auf Bäumen kletternd, geführt haben. Die heute noch lebenden Halbaffen sind meistens nächtliche Thiere von sanftem melancholischen Temperamente, welche sich von Früchten nähren [101].

An die Halbaffen-Ahnen schliessen sich nun unmittelbar als neunzehnte Ahnen-Stufe des Menschen-Geschlechts die echten Affen (*Simiae*) an. Es unterliegt schon seit langer Zeit nicht dem geringsten Zweifel mehr, dass unter allen Thieren die Affen diejenigen sind, welche dem Menschen in jeder Beziehung am nächsten stehen. Wie sich einerseits die niedersten Affen eng an die Halbaffen, so schliessen sich anderseits die höchsten Affen unmittelbar an den Menschen an. Wir können sogar, wenn wir die vergleichende Anatomie der Affen und des Menschen sorgfältig durchgehen, einen stufenweisen und ununterbrochenen Fortschritt in der Affen-Organisation bis zur rein menschlichen Bildung hin verfolgen, und wir gelangen dann bei unbefangener Prüfung dieser in neuester Zeit mit so leidenschaftlichem Interesse behandelten „Affenfrage" unfehlbar zu dem wichtigen, zuerst von Huxley ausführlich begründeten Satze: „Wir mögen ein System von Organen vornehmen, welches wir wollen, die Vergleichung ihrer Modificationen in der Affenreihe führt uns zu einem und demselben Resultate: dass die anatomischen Verschiedenheiten, welche den Menschen vom Gorilla und Schimpanse scheiden, nicht so gross sind als die, welche den Gorilla von den niedrigeren Affen trennen." In die Sprache der Phylogenie übersetzt ist dieses folgenschwere, von Huxley meisterhaft begründete Gesetz aber gleichbedeutend mit dem populären Satze: „Der Mensch stammt vom Affen ab."

Um uns von der Sicherheit dieses Gesetzes gründlich zu überzeugen, lassen Sie uns jetzt zunächst nochmals dasjenige Organ betrachten, auf dessen verschiedenartige Ausbildung wir bei unserer

vorhergehenden phylogenetischen Untersuchung mit Recht einen besonderen Werth gelegt haben, auf die **Placenta** und die **Decidua**. Allerdings stimmen die Menschen und Affen in der Bildung ihrer scheibenförmigen Placenta und ihrer Decidua im Allgemeinen auch mit den übrigen Discoplacentalien überein. Allein in den feineren Structur-Verhältnissen derselben zeichnet sich der Mensch durch Eigenthümlichkeiten aus, welche er nur mit dem Affen theilt, und welche den übrigen Deciduaten fehlen. Man unterscheidet nämlich beim Menschen und bei den Affen drei verschiedene Theile der Decidua, welche man als äussere, innere und placentale Decidua bezeichnen kann. **Die äussere oder wahre Hinfallhaut** (*Decidua externa* s. *vera*, Fig. 124 *dv*) ist derjenige Theil der Uterus-Schleimhaut, welcher die innere Fläche der Gebärmutterhöhle überall da auskleidet, wo die letztere nicht mit der Placenta zusammenhängt. **Die placentale oder schwammige Hinfallhaut** (*Decidua placentalis* s. *serotina*, Fig. 124 *plu'*) ist weiter Nichts als der Mutterkuchen selbst oder der mütterliche Theil des Gefässkuchens (*Placenta uterina*), nämlich derjenige Theil der Uterus-Schleimhaut, welcher auf das Innigste mit den Chorionzotten des Fruchtkuchens (*Placenta foetalis*) verwächst. Die **innere oder falsche Hinfallhaut** endlich (*Decidua interna* s. *reflexa*, Fig. 124 *dr*) ist derjenige Theil der Uterus-Schleimhaut, welcher als eine besondere dünne Hülle den übrigen Theil der Ei-Oberfläche, die zottenlose glatte Eihaut (*Chorion laeve*, Fig. 124 *chl*) eng anliegend umschliesst. Der Ursprung dieser



Fig. 124.

Fig. 124. **Eihüllen des menschlichen Embryo** (schematisch, nach KOELLIKER.) *m* Muskelwand des Uterus. *plu* Mutterkuchen (Placenta uterina). *plu'* innere Schicht desselben. *dv* Decidua vera. *dr* Decidua reflexa. *chl* glatte Eihaut (Chorion laeve). *chf* Fruchtkuchen (Chorion frondosum) mit seinen Zotten (*chz*). *a* Amnion. *ah* Amnionhöhle. *as* Nabelstrang vom Amnion überzogen. *dg* Dottergang. *ds* Dottersack. *t* Eileiter. *uh* Uterus-Höhle.

drei verschiedenen Hinfallhäute, über den man früher ganz falsche (noch jetzt in der Benennung erhaltene) Vorstellungen hatte, liegt klar vor Augen: Die äussere *Decidua vera* ist die eigenthümlich umgewandelte und später abfallende oberflächliche Schicht der ursprünglichen Schleimhaut des Fruchtbehälters. Die placentale *Decidua serotina* ist derjenige Theil der vorigen, welcher durch das Hineinwachsen der Chorion-Zotten ganz umgestaltet und zur Placentabildung verwendet wird. Die innere *Decidua reflexa* endlich entsteht dadurch, dass eine ringförmige Falte der Schleimhaut (an der Grenze von *D. vera* und *D. serotina*) sich erhebt und über dem Eie (nach Art des Amnion) bis zum Verschlusse zusammenwächst [102].

Die eigenthümlichen anatomischen Verhältnisse, durch welche die menschlichen Eihäute sich auszeichnen, finden sich ganz in derselben Weise nur bei den Affen wieder. Die übrigen Discoplacentalien bieten mehr oder weniger beträchtliche Verschiedenheiten, und zwar meistens einfachere Verhältnisse dar. Das gilt namentlich von der feineren Structur der Placenta selbst, von der Verwachsung der Chorion-Zotten mit der Decidua serotina. Die reife menschliche Placenta ist eine kreisrunde (seltener länglich runde) Scheibe von weicher, schwammiger Beschaffenheit, 6—8 Zoll Durchmesser, ungefähr ein Zoll Dicke und 1—1½ Pfund Gewicht. Ihre convexe äussere (mit dem Uterus verwachsene) Fläche ist sehr uneben und zottig. Ihre concave innere (der Eihöhle zugewendete) Fläche ist ganz glatt und vom Amnion überzogen (Fig. 124 *a*). Nahe der Mitte entspringt aus der Placenta der Nabelstrang (*Funiculus umbilicalis*), dessen Entstehung aus dem Allantois-Stiele wir schon früher kennen gelernt haben (S. 273). Derselbe ist ebenfalls vom Amnion scheidenartig überzogen (Fig. 124 *as*), welches an seinem Nabelende unmittelbar in die Bauchhaut übergeht. Der reife Nabelstrang ist ein cylindrischer, spiralig um seine Axe gedrehter Strick, meistens ungefähr 20 Zoll lang und einen halben Zoll dick. Er besteht aus einem gallertigen Bindegewebe (der „Wharton'schen Sulze"), in welchem sich die Reste des Dotterganges und der Dottergefässe, sowie die mächtigen Nabelgefässe befinden: die beiden Nabel-Arterien (die Enden der primitiven Aorten), welche das Blut des Embryo in die Placenta führen, und die starke Nabelvene, welche das Blut aus der letzteren zum Herzen zurückführt. Die zahllosen feinen Aeste dieser kindlichen Nabelgefässe treten in die verästelten Chorion-Zotten der

foetalen Placenta ein und wachsen schliesslich mit diesen auf höchst eigenthümliche Weise in weite bluterfüllte Hohlräume hinein, welche in der uterinen Placenta sich ausbreiten und mütterliches Blut enthalten. Die sehr verwickelten und schwierig zu erkennenden anatomischen Beziehungen, welche sich hier zwischen der kindlichen und mütterlichen Placenta entwickeln, finden sich in dieser Weise nur beim Menschen und bei den höheren Affen vor, während sie sich bei allen anderen Deciduaten mehr oder weniger verschieden gestalten. Auch der Nabelstrang ist beim Menschen und bei den Affen verhältnissmässig länger als bei allen übrigen Säugethieren.

Wie in diesen wichtigen Eigenthümlichkeiten, so stellt sich der Mensch auch in jeder anderen morphologischen Beziehung als Mitglied der Affenordnung dar und lässt sich nicht von derselben trennen. Schon der grosse Begründer der systematischen Naturbeschreibung, der berühmte CARL LINNÉ, vereinigte mit prophetischem Scharfblicke in einer einzigen natürlichen Abtheilung, die er Primaten, d. h. die Ersten, die Oberherren des Thierreichs nannte, den Menschen, die Affen, die Halbaffen und die Fledermäuse. Spätere Naturforscher lösten diese Primaten-Ordnung auf. Zuerst begründete der Göttinger Anatom BLUMENBACH für den Menschen eine besondere Ordnung, welche er Zweihänder (*Bimana*) nannte; in einer zweiten Ordnung vereinigte er Affen und Halbaffen unter dem Namen Vierhänder (*Quadrumana*), und eine dritte Ordnung bildeten die entfernter verwandten Fledermäuse (*Chiroptera*). Die Trennung der Zweihänder und Vierhänder wurde von CUVIER und den meisten folgenden Zoologen beibehalten. Sie erscheint principiell wichtig, ist aber in der That völlig unberechtigt. Das wurde zuerst im Jahre 1863 von dem berühmten englischen Zoologen HUXLEY nachgewiesen. Gestützt auf sehr genaue, vergleichend-anatomische Untersuchungen führte derselbe den Beweis, dass die Affen eben so gut Zweihänder sind als der Mensch, oder wenn man die Sache umkehren will, dass der Mensch eben so gut ein Vierhänder ist als die Affen. HUXLEY zeigte nämlich mit überzeugender Klarheit, dass die Begriffe der Hand und des Fusses bis dahin falsch aufgefasst und in unrichtiger Weise auf physiologische, statt auf morphologische Unterscheidungen gegründet worden seien. Der Umstand, dass wir an unserer Hand den Daumen den übrigen vier Fingern entgegensetzen und damit greifen können, schien vorzugsweise die Hand gegenüber dem Fusse zu

charakterisiren, bei dem die entsprechende grosse Zehe nicht in dieser Weise den vier anderen Zehen gegenüber gestellt werden kann. Die Affen hingegen können eben so gut mit dem Hinterfusse, wie mit dem Vorderfusse solche Greifbewegungen ausführen und wurden deshalb als Vierhänder angesehen. Allein auch viele Stämme unter den niederen Menschenrassen, besonders viele Negerstämme, benutzen ihren Fuss in derselben Weise als Hand. In Folge frühzeitiger Angewöhnung und fortgesetzter Uebung können sie mit dem Fusse ebenso gut greifen (z. B. beim Klettern Baumzweige umfassen) wie mit der Hand. Aber selbst neugeborene Kinder unserer eigenen Rasse können mit der grossen Zehe noch recht kräftig greifen und mittelst derselben einen hingereichten Löffel noch eben so fest wie mit der Hand fassen. Jene physiologische Unterscheidung von Hand und Fuss ist also weder streng durchzuführen, noch wissenschaftlich zu begründen. Vielmehr müssen wir uns dazu morphologischer Charaktere bedienen.

Eine solche scharfe morphologische, d. h. auf den anatomischen Bau gegründete Unterscheidung von Hand und Fuss, von vorderen und hinteren Gliedmaassen ist nun aber in der That möglich. Sowohl in der Bildung des Knochen-Skeletts, als in der Bildung der Muskeln, welche vorn und hinten an Hand und Fuss sich ansetzen, existiren wesentliche und constante Unterschiede; und diese finden wir beim Menschen gerade so wie bei den Affen vor. Wesentlich verschieden ist namentlich die Anordnung und Zahl der Handwurzelknochen (welche unten zwischen Unterarm und Mittelhand sitzen) und der Fusswurzelknochen (welche an der Basis des Fusses zwischen Unterschenkel und Mittelfuss eingefügt sind). Ebenso constante Verschiedenheiten bietet die Muskulatur dar. Die hintere Extremität (der Fuss) besitzt beständig drei Muskeln (einen kurzen Beugemuskel, einen kurzen Streckmuskel und einen langen Wadenbeinmuskel), welche an der vorderen Extremität (an der Hand) niemals vorkommen. Auch die Anordnung der Muskeln ist vorn und hinten verschieden. Diese charakteristischen Unterschiede der vorderen und der hinteren Extremitäten finden sich ganz ebenso beim Menschen wie bei den Affen vor. Es kann demnach keinem Zweifel unterliegen, dass der Fuss der Affen diese Bezeichnung eben so gut verdient, wie derjenige des Menschen; und dass alle echten Affen eben so gut echte „Zweihänder“ oder *Bimana* sind, wie der Mensch.

Die gebräuchliche Unterscheidung der Affen als Vierhänder oder *Quadrumana* ist mithin völlig unberechtigt.

Es könnte aber nun die Frage entstehen, ob nicht, hiervon ganz abgesehen, andere Merkmale aufzufinden seien, durch welche sich der Mensch von dem Affen in höherem Grade unterscheidet, als die verschiedenen Affenarten unter sich verschieden sind. Diese wichtige Frage hat HUXLEY in so überzeugender Weise endgültig verneinend beantwortet, dass die jetzt noch von vielen Seiten gegen ihn erhobene Opposition als völlig unbegründet und wirkungslos betrachtet werden muss. HUXLEY führte auf Grund der genauesten vergleichend-anatomischen Untersuchung sämmtlicher Körpertheile den folgenschweren Beweis, dass in jeder anatomischen Beziehung die Unterschiede zwischen den höchsten und niedersten Affen grösser sind als die betreffenden Unterschiede zwischen den höchsten Affen und dem Menschen. Er restituirt demnach LINNÉ's Ordnung der Primaten (nach Ausschluss der Fledermäuse) und theilt diese Ordnung in drei verschiedene Unterordnungen, von denen die erste durch die Halbaffen (*Lemurida*), die zweite durch die echten Affen (*Simiadae*) und die dritte durch den Menschen (*Anthropidae*) gebildet wird [103].

Wenn wir jedoch ganz consequent und vorurtheilsfrei nach den Gesetzen der systematischen Logik verfahren wollen, so können wir, auf HUXLEY's eigenes, eben angeführtes Gesetz gestützt, diese Eintheilung nicht genügend finden und müssen vielmehr bedeutend weiter gehen. Wie ich zuerst 1866 bei Behandlung derselben Frage in der „generellen Morphologie“ gezeigt habe, sind wir vollkommen berechtigt, mindestens noch einen wesentlichen Schritt weiter zu thun, und dem Menschen seine natürliche Stellung innerhalb einer der Abtheilungen der Affen-Ordnung anzuweisen. Alle die charakteristischen Eigenthümlichkeiten, welche diese eine Affen-Abtheilung auszeichnen, kommen auch dem Menschen zu, während sie den übrigen Affen fehlen. Demnach sind wir nicht berechtigt, für den Menschen eine besondere, von den echten Affen verschiedene Ordnung oder Unterordnung zu begründen.

Schon seit langer Zeit hat man die Ordnung der echten Affen (*Simiae*), nach Ausschluss der Halbaffen, in zwei natürliche Hauptgruppen eingetheilt, welche unter Anderem auch durch ihre geographische Verbreitung sehr ausgezeichnet sind. Die eine Abtheilung (*Hesperopitheci* oder Abendaffen) lebt in der neuen Welt, in

31*

Amerika. Die andere Abtheilung, zu welcher auch der Mensch gehört, sind die *Heopitheci* oder Morgenaffen; sie leben in der alten Welt, in Asien, Afrika und früher auch in Europa. Alle Affen der alten Welt, alle Heopitheken, stimmen mit dem Menschen in allen jenen Charakteren überein, welche in der zoologischen Systematik für die Unterscheidung dieser beiden Affen-Gruppen mit Recht in erster Linie benutzt werden, vor Allem in der Bildung des Gebisses. Sie werden hier gleich den Einwand machen, dass das Gebiss ein physiologisch viel zu untergeordneter Körpertheil sei, als dass man auf dessen Bildung in einer so wichtigen Frage einen so grossen Werth legen dürfe. Allein diese hervorragende Berücksichtigung der Zahnbildung hat ihren guten Grund; und es geschieht mit vollem Fug und Recht, dass die systematischen Zoologen schon seit mehr als einem Jahrhundert die Bildung des Gebisses bei der systematischen Unterscheidung und Anordnung der Säugethier-Ordnungen ganz vorzugsweise betonen. Die Zahl, Form und Anordnung der Zähne vererbt sich nämlich viel strenger innerhalb der einzelnen Ordnungen der Säugethiere, als es bei den meisten anderen zoologischen Charakteren der Fall ist. Die Bildung des Gebisses beim Menschen ist Ihnen bekannt. Wir haben im ausgebildeten Zustande 32 Zähne in unseren Kiefern, und von diesen 32 Zähnen sind 8 Schneidezähne, 4 Eckzähne und 20 Backzähne. Die acht Schneidezähne (*Dentes incisivi*), welche in der Mitte der Kiefer stehen, zeigen oben und unten charakteristische Verschiedenheiten. Im Oberkiefer sind die inneren Schneidezähne grösser als die äusseren; im Unterkiefer sind umgekehrt die inneren Schneidezähne kleiner als die äusseren. Auf diese folgt jederseits oben und unten ein Eckzahn, welcher grösser ist als die Schneidezähne, der sogenannte Augenzahn oder Hundszahn (*Dens caninus*). Bisweilen springt derselbe auch beim Menschen, wie bei den meisten Affen und vielen anderen Säugethieren, stark hervor und bildet eine Art Hauer. Nach aussen von diesem endlich folgen jederseits oben und unten fünf Backenzähne (*Dentes molares*), von denen die beiden vorderen klein, nur mit einer Wurzel versehen und dem Zahnwechsel unterworfen sind (sogenannte „Lückenzähne"), während die drei hinteren viel grösser, mit zwei Wurzeln versehen sind und erst nach dem Zahnwechsel auftreten (sogenannte „Mahlzähne"). Genau dieselbe Bildung des menschlichen Gebisses besitzen die Affen der alten Welt; alle Affen,

welche wir bis jetzt lebend oder fossil in Asien, Afrika und Europa gefunden haben. Alle Affen der neuen Welt dagegen, alle amerikanischen Affen, besitzen (abgesehen von kleineren Differenzen in der Form der Zähne) noch einen Zahn in jeder Kieferhälfte mehr, und zwar einen Lückenzahn. Sie haben demnach jederseits oben und unten 6 Backzähne, und im Ganzen 36 Zähne. Dieser charakteristische Unterschied zwischen den Morgenaffen und Abendaffen hat sich so constant innerhalb der beiden Gruppen vererbt, dass er uns von dem grössten Werthe ist, namentlich im Zusammenhange mit anderen constanten Differenzen derselben. Allerdings scheint eine kleine Familie von südamerikanischen Affen hier eine Ausnahme zu machen. Die kleinen niedlichen Seidenäffchen nämlich (*Hapalida*), wozu das Löwenäffchen (*Midas*) und das Pinseläffchen (*Jacchus*) gehören, besitzen nur fünf Backzähne in jeder Kieferhälfte (statt sechs) und scheinen demnach vielmehr den Morgenaffen zu gleichen. Allein bei genauerer Besichtigung zeigt sich, dass sie drei Lückenzähne haben, gleich allen Abendaffen, und dass nur der hinterste Mahlzahl verloren gegangen ist. Diese scheinbare Ausnahme bestätigt demnach nur die Bedeutung jener Unterscheidung.

Unter den übrigen Merkmalen, durch welche sich die beiden Hauptgruppen der Affen unterscheiden, ist von besonderer Bedeutung und am meisten hervortretend die Bildung der Nase. Alle Affen der alten Welt haben dieselbe Bildung der Nase wie der Mensch; nämlich eine verhältnissmässig schmale Scheidewand der beiden Nasenhälften, so dass die Nasenlöcher nach unten stehen. Bei einzelnen Morgen-Affen ist sogar die Nase so stark hervorspringend und so charakteristisch geformt wie beim Menschen. Wir haben in dieser Beziehung schon früher den merkwürdigen Nasenaffen hervorgehoben, der eine schön gebogene lange Nase besitzt (Fig. 125). Die meisten Morgen-Affen haben freilich eine etwas plattere Nase, so z. B. die weissnasige Meerkatze (Fig. 126); doch bleibt bei allen die Nasenscheidewand schmal und dünn. Alle amerikanischen Affen hingegen besitzen eine andere Nasenbildung. Die Nasenscheide-



Fig. 125.

Fig. 125. Kopf des Nasenaffen (*Semnopithecus nasicus*).



Fig. 126.

wand ist hier nämlich unten eigenthümlich verbreitert und verdickt, die Nasenflügel sind nicht entwickelt, und in Folge dessen kommen die Nasenlöcher nicht nach unten, sondern nach aussen zu stehen. Auch dieser charakteristische Unterschied in der Nasenbildung vererbt sich in beiden Gruppen so streng, dass man die Affen der neuen Welt deshalb Plattnasen (*Platyrhinae*), die Affen der alten Welt hingegen Schmalnasen (*Catarhinae*) genannt hat. Die ersteren sind durchschnittlich niedriger organisirt und erreichen niemals die höhere Ausbildung des Gehirns, welche der Mehrzahl der letzteren zukommt und welche schliesslich im Menschen den höchsten Grad der Entwickelung erreicht.

Die Eintheilung der Affen-Ordnung in die beiden Unterordnungen der Platyrhinen und Catarhinen ist auf Grund der angeführten streng erblichen Charaktere jetzt allgemein von den Zoologen angenommen und erhält durch die geographische Vertheilung der beiden Gruppen auf die neue und alte Welt eine starke Stütze. Für die Phylogenie der Affen folgt daraus aber unmittelbar der wichtige Schluss, dass von der uralten gemeinsamen Stammform der Affen-Ordnung schon sehr frühzeitig zwei divergirende Linien ausgegangen sind, von denen sich die eine über die neue, die andere über die alte Welt verbreitet hat. Ganz unzweifelhaft sind auf der einen Seite alle Platyrhinen Nachkommen einer gemeinsamen Stammform und ebenso auf der anderen Seite alle Catarhinen. Diese beiden Stammformen aber, von denen die erstere die Plattnase und drei Lückenzähne in jeder Kieferhälfte, die letztere die Schmalnase und zwei Lückenzähne in jeder Kieferhälfte auf ihre Nachkommen vererbt hat, müssen als zwei divergente Descendenten des Uraffen, des

Fig. 126. Die weissnasige Meerkatze (*Cercopithecus petaurista*).

uralten gemeinsamen Stammvaters der ganzen Affen-Ordnung angesehen werden.

Was folgt nun hieraus für unseren eigenen Stammbaum? Der Mensch besitzt genau dieselben Charaktere, dieselbe eigenthümliche Bildung des Gebisses und der Nase, wie alle Catarhinen, und unterscheidet sich dadurch ebenso durchgreifend von allen Platyrhinen. Wir sind demnach gezwungen, im System der Primaten dem Menschen seine Stellung in der Catarhinen-Gruppe zuzuweisen. Für unsere Stammesgeschichte aber geht daraus unmittelbar hervor, dass der Mensch in unzweifelhafter directer Blutsverwandtschaft zu den Affen der alten Welt steht, und mit allen übrigen Catarhinen von einer und derselben gemeinsamen Stammform abzuleiten ist. Der Mensch ist seiner ganzen Organisation und seinem Ursprunge nach ein echter Catarhinen-Affe, und ist innerhalb der alten Welt aus einer unbekannten ausgestorbenen Catarhinen-Form entstanden. Hingegen stellen die Affen der neuen Welt oder die Platyrhinen einen divergirenden Zweig unseres Stammbaumes dar, welcher zum Menschengeschlechte selbst in keinen näheren genealogischen Beziehungen steht.

Wir haben demnach jetzt unseren nächsten Verwandtschafts-Kreis auf die kleine und verhältnissmässig wenig formenreiche Thiergruppe reducirt, welche durch die Unterordnung der Catarhinen oder Heopitheken, durch die Affen der alten Welt, dargestellt wird. Es würde also schliesslich noch die Frage zu beantworten sein, welche Stellung dem Menschen innerhalb dieser Unterordnung zukommt, und ob sich aus dieser Stellung noch weitere Schlüsse auf die Bildung unserer unmittelbaren Vorfahren ziehen lassen? Für die Beantwortung dieser wichtigen Frage sind die umfassenden und scharfsinnigen Untersuchungen von höchstem Werthe, welche Huxley in den angeführten „Zeugnissen für die Stellung des Menschen in der Natur" über die vergleichende Anatomie des Menschen und der verschiedenen Catarhinen angestellt hat. Es ergiebt sich daraus unzweifelhaft, dass die Unterschiede des Menschen und der höchsten Catarhinen (Gorilla, Schimpanse, Orang) in jeder Beziehung geringer sind als die betreffenden Unterschiede der höchsten und der niedersten Catarhinen (Meerkatze, Makako, Pavian). Ja sogar innerhalb der kleinen Gruppe der schwanzlosen Menschenaffen oder Anthropoiden sind die Unterschiede der verschiedenen Gattungen unter einander nicht

geringer als die entsprechenden Unterschiede derselben vom Menschen. Das lehrt Sie schon ein Blick auf die hier folgenden Skelette

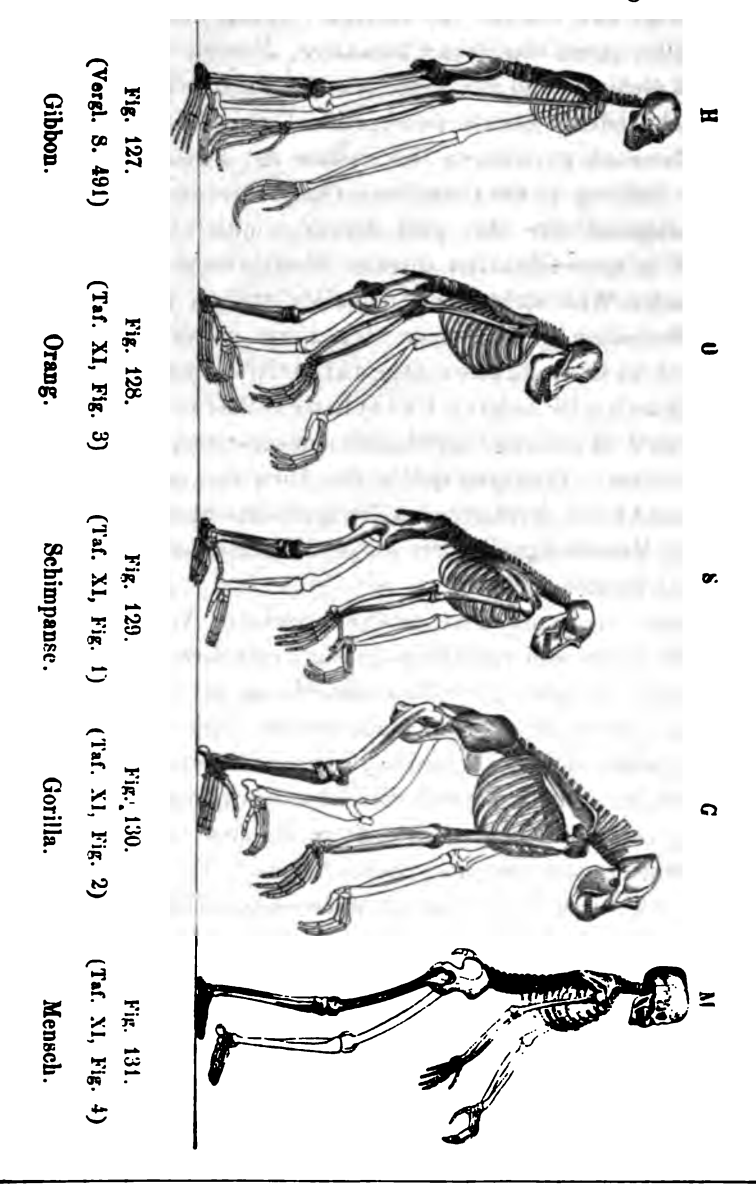


Fig. 127—131. Skelett des Menschen Fig. 131 und der vier Anthropoiden-Gattungen: Fig. 127 Gibbon. Fig. 128 Orang. Fig. 129 Schimpanse. Fig. 130 Gorilla. (Nach HUXLEY.)

derselben, wie sie HUXLEY zusammengestellt hat (Fig. 127—131). Mögen Sie nun den Schädel oder die Wirbelsäule mit dem Rippenkorb, oder die vorderen oder die hinteren Gliedmaassen einzeln vergleichen; oder mögen Sie Ihre Vergleichung auf das Muskel-System, auf das Blutgefäss-System, auf das Gehirn u. s. w. ausdehnen, immer kommen Sie bei unbefangener und vorurtheilsfreier Prüfung zu demselben Resultate, dass der Mensch sich nicht in höherem Grade von den übrigen Catarhinen unterscheidet, als die extremsten Formen der letzteren (z. B. Gorilla und Pavian) unter sich verschieden sind. Wir können daher jetzt das bedeutungsvolle, vorher angeführte HUXLEY'sche Gesetz durch den folgenden Satz vervollständigen: „Wir mögen ein System von Organen vornehmen, welches wir wollen, die Vergleichung ihrer Modificationen in der Catarhinen-Reihe führt uns zu einem und demselben Resultate: dass die anatomischen Verschiedenheiten, welche den Menschen von den höchst entwickelten Catarhinen (Orang, Gorilla, Schimpanse) scheiden, nicht so gross sind, als diejenigen, welche diese letzteren von den niedrigsten Catarhinen (Meerkatze, Makako, Pavian) trennen."

Wir müssen demnach schon jetzt den Beweis, dass der Mensch von anderen Catarhinen abstammt, für vollständig geführt halten. Wenn auch zukünftige Untersuchungen über die vergleichende Anatomie und Ontogenie der noch lebenden Catarhinen, sowie über die fossilen Verwandten derselben uns noch vielerlei Aufschlüsse im Einzelnen versprechen, so wird doch keine zukünftige Entdeckung jenen wichtigen Satz jemals umstossen können. Natürlich werden unsere Catarhinen-Ahnen eine lange Reihe von verschiedenen Formen durchlaufen haben, ehe schliesslich als vollkommenste Form daraus der Mensch hervorging. Als die wichtigsten Fortschritte, welche diese „Schöpfung des Menschen", seine Sonderung von den nächstverwandten Catarhinen bewirkten, sind zu betrachten: die Angewöhnung an den aufrechten Gang und die damit verbundene stärkere Sonderung der vorderen und hinteren Gliedmaassen, ferner die Ausbildung der articulirten Begriffs-Sprache und ihres Organs, des Kehlkopfs, endlich vor Allem die vollkommnere Entwickelung des Gehirns und seiner Function, der Seele; einen ausserordentlich bedeutenden Einfluss wird dabei die geschlechtliche

Zuchtwahl ausgeübt haben, wie DARWIN in seinem berühmten Werke über die sexuelle Selection vortrefflich dargethan hat. [104])

Mit Rücksicht auf diese Fortschritte können wir unter unseren Catarhinen-Vorfahren mindestens noch vier wichtige Ahnenstufen unterscheiden, welche hervorragende Momente in dem welthistorischen Processe der »Menschwerdung« bezeichnen. Als die neunzehnte Stufe unseres menschlichen Stammbaumes könnten wir zunächst an die Halbaffen die ältesten und niedersten Catarhinen anschliessen, welche sich aus den ersteren durch die Ausbildung des charakteristischen Catarhinen-Kopfes, durch die eigenthümliche Umbildung des Gebisses, der Nase und des Gehirns entwickelten. Diese ältesten Stammformen der ganzen Catarhinen-Gruppe werden jedenfalls dicht behaart und mit einem langen Schwanze versehen gewesen sein: Schwanzaffen (*Menocerca*, Fig. 126). Sie haben, gleich den Halbaffen, bereits während der älteren Tertiär-Zeit (während der Eocaen-Periode) gelebt, wie uns fossile Reste von eocaenen Catarhinen lehren. Unter den heute noch lebenden Schwanzaffen sind ihnen vielleicht die Schlankaffen (*Semnopithecus*) am nächsten verwandt (Fig. 125). [105])

Als zwanzigste Stufe des menschlichen Stammbaumes würden wir an diese Schwanzaffen die schwanzlosen Menschenaffen (*Anthropoides*) anzureihen haben, unter welchem Namen bekanntlich neuerdings die höchst entwickelten und dem Menschen am nächsten stehenden Catarhinen der Gegenwart zusammengefasst werden. Sie entwickelten sich aus den geschwänzten Catarhinen durch den Verlust des Schwanzes, theilweisen Verlust der Behaarung und höhere Ausbildung des Gehirns, die sich auch in der überwiegenden Ausbildung des Gehirnschädels über den Gesichtsschädel ausspricht. Heutzutage leben von dieser merkwürdigen Familie nur noch wenige Arten, die sich auf zwei verschiedene Gruppen, eine afrikanische und eine asiatische vertheilen. Die afrikanischen Menschenaffen sind auf den westlichen Theil des tropischen Afrika beschränkt, wahrscheinlich aber auch in Central-Afrika noch in mehreren Arten verbreitet. Genauer kennen wir nur zwei Arten: den Gorilla (*Pongo gorilla* oder *Gorilla engina*), den grössten von allen Affen (Fig. 130) und den kleinen Schimpanse (*Pongo troglodytes* oder *Engeco troglodytes*), welcher jetzt oft in unseren zoologischen Gärten lebt (Fig. 129). Taf. XI, Fig. 1, 2. Beide afrikanische Menschenaffen

sind schwarz gefärbt und langköpfig (dolichocephal), gleich ihren Landsleuten, den Negern. Hingegen sind die asiatischen Menschenaffen meistens braun oder gelbbraun gefärbt und kurzköpfig (brachycephal), gleich ihren Landsleuten, den Malayen und Mongolen. Der grösste asiatische Menschenaffe ist der bekannte Orang oder Orang-Utang (Fig. 128), der auf den Sunda-Inseln (Borneo, Sumatra) einheimisch und braun gefärbt ist. Man unterscheidet neuerdings zwei Arten: den grossen Orang (*Satyrus Orang*, Taf. XI, Fig. 3) und den kleinen Orang (*Satyrus morio*). Eine Gattung von kleineren Anthropoiden (Fig. 127), die Gibbon (*Hylobates*), leben auf dem Festlande des südlichen Asiens und auf den Sunda-Inseln; man unterscheidet 4—8 verschiedene Arten derselben. Keiner von diesen lebenden Anthropoiden kann als der absolut menschenähnlichste Affe bezeichnet werden. Der Gorilla steht dem Menschen am nächsten in der Bildung von Hand und Fuss, der Schimpanse in wichtigen Charakteren der Schädelbildung, der Orang in der Gehirn-Entwickelung und der Gibbon in der Entwickelung des Brustkastens. Selbstverständlich gehört kein einziger von allen diesen noch lebenden Menschenaffen zu den directen Vorfahren des Menschengeschlechts; sie alle sind letzte zerstreute Ueberbleibsel eines alten, einst formenreichen Catarhinen-Zweiges, aus dem als ein besonderes Aestchen sich nach einer eigenen Richtung hin das Menschengeschlecht entwickelt hat [106].

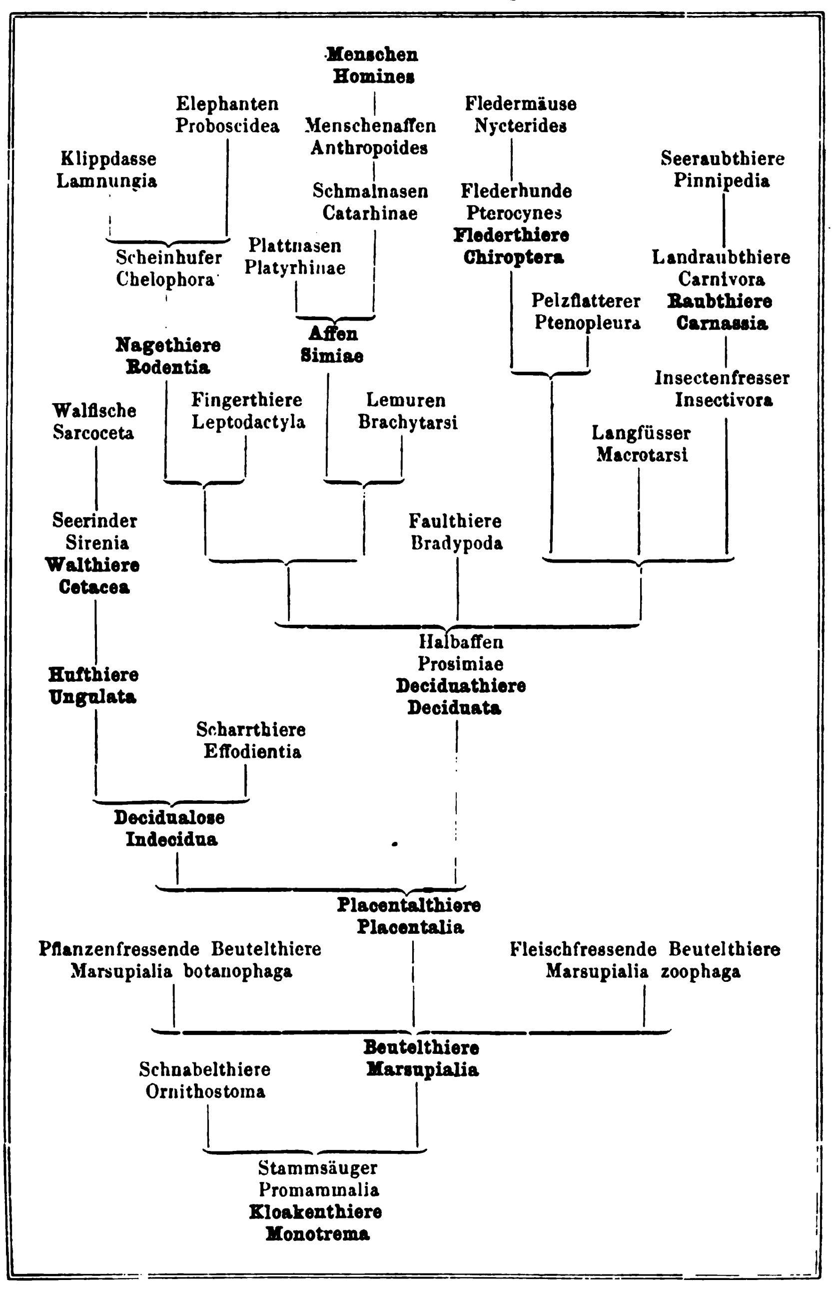
Obgleich nun das Menschengeschlecht (*Homo*) sich ganz unmittelbar an diese Anthropoiden-Familie anschliesst und zweifellos direct aus derselben seinen Ursprung genommen hat, so können wir doch als eine wichtige Zwischenform zwischen beiden und als eine einundzwanzigste Stufe unserer Ahnenreihe hier noch die Affenmenschen (*Pithecanthropi*) einschalten. Mit diesem Namen habe ich in der »Natürlichen Schöpfungsgeschichte« (V. Auflage, S. 590) die »sprachlosen Urmenschen (*Alali*)« belegt, welche zwar in der allgemeinen Formbeschaffenheit (namentlich in der Differenzirung der Gliedmaassen) bereits als »Menschen« im gewöhnlichen Sinne auftraten, dennoch aber einer der wichtigsten menschlichen Eigenschaften, nämlich der articulirten Wortsprache und der damit verbundenen höheren Begriffsbildung ermangelten. Die durch letztere bedingte höhere Differenzirung des Kehlkopfs und des Gehirns bildete erst den wahren »Menschen«.

Siebzehnte Tabelle.
Uebersicht über das phylogenetische System der Säugethiere.

Unterklasse		Ordnung	Unterordnung	
I. Erste Unterklasse der Säugethiere	**Kloakenthiere (Monotrema oder Ornithodelphia)**	1. Stammsäuger		*Promammalia*
		2. Schnabelthiere		*Ornithostoma*
II. Zweite Unterklasse der Säugethiere	**Beutelthiere (Marsupialia oder Didelphia)**	3. Pflanzenfressende Beutelthiere		*Botanophaga*
		4. Fleischfressende Beutelthiere		*Zoophaga*
III. Dritte Unterklasse der Säugethiere **Placentalthiere (Placentalia oder Monodelphia)**	III A. Placentalthiere ohne Decidua, mit Zotten-Placenta **Indecidua Villiplacentalia**	5. Hufthiere **Ungulata**	Unpaarhufer	*Perissodactyla*
			Paarhufer	*Artiodactyla*
		6. Wallthiere **Cetacea**	Seerinder	*Sirenia*
			Walfische	*Sarcoceta*
		7. Scharrthiere **Effodientia**	Ameisenfresser	*Vermilinguia*
			Gürtelthiere	*Cingulata*
	III B. Placentalthiere mit Decidua, mit Gürtel-Placenta **Deciduata Zonoplacentalia**	8. Scheinhufthiere **Chelophora**	Klippdasse	*Lamnungia*
			Elephanten	*Proboscidea*
		9. Raubthiere **Carnassia**	Landraubthiere	*Carnivora*
			Seeraubthiere	*Pinnipedia*
	III C. Placentalthiere mit Decidua, mit Scheiben-Placenta **Deciduata Discoplacentalia**	10. Halbaffen **Prosimiae**	Fingerthiere	*Leptodactyla*
			Langfüsser	*Macrotarsi*
			Pelzflatterer	*Ptenopleura*
			Lemuren	*Brachytarsi*
		11. Nagethiere **Rodentia**	Eichhornartige	*Sciuromorpha*
			Mäuseartige	*Myomorpha*
			Stachelschweinartige	*Hystrichomorpha*
			Hasenartige	*Lagomorpha*
		12. Insectenfresser **Insectivora**	Blinddarmträger	*Menotyphla*
			Blinddarmlose	*Lipotyphla*
		13. Flederthiere **Chiroptera**	Flederhunde	*Pterocynes*
			Fledermäuse	*Nycterides*
		14. Affen **Simiae**	Plattnasen	*Platyrhinae*
			Schmalnasen	*Catarhinae*

Achtzehnte Tabelle.

Stammbaum der Säugethiere.



Neunzehnte Tabelle.

Uebersicht über die Abschnitte der menschlichen Stammesgeschichte.

(Vergl. die IV. Tabelle, S. 286—287.)

Erster Hauptabschnitt der Stammesgeschichte.

Die Plastiden-Ahnen des Menschen.

Die menschlichen Vorfahren besitzen den Formwerth eines einfachen Individuums erster Ordnung, einer einzigen Plastide.

Erste Stufe: **Moneren-Reihe** (Fig. 101, S. 380).

Die menschlichen Ahnen sind einzeln lebende einfache Cytoden.

Zweite Stufe: **Amoeben-Reihe** (Fig. 103, S. 385).

Die menschlichen Ahnen sind einzeln lebende einfache Zellen.

Zweiter Hauptabschnitt der Stammesgeschichte.

Die vielzelligen Urthier-Ahnen des Menschen.

Die menschlichen Vorfahren bestehen aus einer innig verbundenen Gesellschaft von vielen gleichartigen Zellen; sie besitzen daher den Formwerth von Individuen zweiter Ordnung, von Idorganen.

Dritte Stufe: **Synamoeben-Reihe** (Fig. 105, S. 387).

Die menschlichen Ahnen sind vielzellige Urthiere einfachster Art: massive Haufen von einfachen gleichartigen Zellen.

Vierte Stufe: **Planaeaden-Reihe** (Fig. 107, S. 390).

Die menschlichen Ahnen sind vielzellige Urthiere von der Beschaffenheit der Magosphaeren und gewisser Planula-Larven, gleichwerthig der ontogenetischen Blastosphaera: hohle Kugeln, deren Wand aus einer einzigen Schicht von flimmernden Zellen bestehen.

Dritter Hauptabschnitt der Stammesgeschichte.

Die wirbellosen Darmthier-Ahnen des Menschen.

Die menschlichen Vorfahren besitzen den Formwerth von Individuen dritter Ordnung, von ungegliederten Personen. Der Leib umschliesst eine Darmhöhle mit Mundöffnung und besteht anfangs aus zwei primären, später aus vier secundären Keimblättern.

Fünfte Stufe: **Gastraeaden-Reihe** (Fig. 108, S. 392).

Die menschlichen Ahnen besitzen den Formwerth und Bau der Gastrula. Ihr Leib besteht bloss aus einem einfachen Urdarm, dessen Wand die beiden primären Keimblätter bilden.

Sechste Stufe: **Chordonier-Reihe** (Fig. 112; Taf. VII, Fig. 5).

Die menschlichen Ahnen sind Würmer: anfänglich Urwürmer, den Turbellarien verwandt; später höher stehende Weichwürmer oder Scoleciden, endlich Chordathiere von der Organisation der Ascidien-Larven. Ihr Leib besteht aus vier secundären Keimblättern.

Vierter Hauptabschnitt der Stammesgeschichte.

Die Wirbelthier-Ahnen des Menschen.

Die menschlichen Vorfahren sind Wirbelthiere und besitzen daher den Formwerth einer gegliederten Person oder einer Metameren-Kette. Das Hautsinnesblatt ist in Hornplatte, Markrohr und Urnieren geschieden. Das Hautfaserblatt ist in Lederplatte, Urwirbel (Muskelplatte und Skelettplatte) und Chorda zerfallen. Aus dem Darmfaserblatte entsteht das Herz mit den Hauptblutgefässen und die fleischige Darmwand. Aus dem Darmdrüsenblatte ist das Epithelium des Darmrohres gebildet. Die Metamerenbildung ist constant.

Siebente Stufe: **Acranier-Reihe** (Fig. 114; Taf. VIII, Fig. 15).

Die menschlichen Ahnen sind schädellose Wirbelthiere, ähnlich dem heutigen Amphioxus. Der Körper bildet bereits eine Metameren-Kette, da mehrere Urwirbel sich gesondert haben. Der Kopf ist aber noch nicht deutlich vom Rumpfe getrennt. Das Markrohr ist noch nicht in Hirnblasen zerfallen. Das Herz ist ganz einfach, ohne Kammern. Der Schädel fehlt noch; ebenso Kiefer und Gliedmaassen.

Achte Stufe: **Monorhinen-Reihe** (Fig. 116; Taf. VIII, Fig. 16).

Die menschlichen Ahnen sind kieferlose Schädelthiere (ähnlich den entwickelten Myxinoiden und Petromyzonten). Die Zahl der Metameren nimmt zu. Der Kopf sondert sich deutlicher vom Rumpfe. Das vordere Ende des Markrohres schwillt blasenförmig an und bildet das Gehirn, welches sich bald in fünf Hirnblasen sondert. Seitlich davon erscheinen die drei höheren Sinnesorgane. Das Herz zerfällt in Kammer und Vorkammer. Kiefer, Gliedmaassen und Schwimmblase fehlen noch.

Neunte Stufe: **Ichthyoden-Reihe** (Fig. 116; Taf. IX und X).

Die menschlichen Ahnen sind fischartige Schädelthiere: zuerst Urfische (Selachier), später Lurchfische (Dipneusten), dann Kiemenlurche (Sozuren). Die Vorfahren dieser Ichthyoden-Reihe entwickeln zwei Paar Gliedmaassen: ein Paar Vorderbeine (Brustflossen) und ein Paar Hinterbeine (Bauchflossen). Zwischen den Kiemenspalten bilden sich die Kiemenbogen aus, von denen das erste Paar die Kieferbogen bildet (Oberkiefer und Unterkiefer). Aus dem Darmcanal wächst die Schwimmblase (Lunge) und die Bauchspeicheldrüse (Pancreas) hervor.

Zehnte Stufe: **Amnioten-Reihe** (Fig. 120—131; Taf. XI).

Die menschlichen Ahnen sind Amnionthiere oder kiemenlose Wirbelthiere: zuerst Uramnioten (Protamnien), dann Ursäuger (Monotremen); hierauf Beutelthiere (Marsupialien); dann Halbaffen (Prosimien) und endlich Affen (Simien). Die Affen-Ahnen des Menschengeschlechts sind zuerst geschwänzte Catarhinen, später schwanzlose Catarhinen (Anthropoiden), hierauf sprachlose Affenmenschen (Alalen) und endlich echte, sprechende Menschen. Die Vorfahren dieser Amnioten-Reihe entwickeln Amnion und Allantois, und erlangen allmälig die den Säugethieren zukommende und zuletzt die specifisch menschliche Bildung.

Die vergleichende Sprachforschung hat uns neuerdings gezeigt, dass die eigentliche menschliche Sprache polyphyletischen Ursprungs ist, dass wir mehrere (und wahrscheinlich viele) verschiedene Ursprachen unterscheiden müssen, die sich unabhängig von einander entwickelt haben. Auch lehrt uns die Entwickelungsgeschichte der Sprache (und zwar sowohl ihre Ontogenie bei jedem Kinde, wie ihre Phylogenie bei jeder Rasse), dass die eigentliche menschliche Begriffssprache erst allmählich sich entwickelt hat, nachdem bereits der übrige Körper sich in der specifisch-menschlichen Form ausgebildet hatte. Wahrscheinlich trat sogar die Sprachbildung erst ein, nachdem bereits die Divergenz der verschiedenen Menschen-Species oder Rassen stattgefunden hatte, und dies geschah vermuthlich erst im Beginne der Quartär-Zeit oder der Diluvial-Periode. Die Affenmenschen oder Alalen werden daher wohl schon gegen Ende der Tertiär-Zeit, während der Pliocaen-Periode, vielleicht sogar schon in der Miocaen-Periode existirt haben[107].

Als die zweiundzwanzigste und letzte Stufe unseres thierischen Stammbaumes würde nun schliesslich der echte oder sprechende Mensch (*Homo*) zu betrachten sein, der sich aus der vorhergehenden Stufe durch die allmähliche Fortbildung der thierischen Lautsprache zur wahren menschlichen Wortsprache entwickelte. Ueber Ort und Zeit dieser wahren „Schöpfung des Menschen" können wir nur sehr unsichere Vermuthungen aufstellen. Der Ursprung der „Urmenschen" fand wahrscheinlich während der Diluvial-Zeit in der heissen Zone der alten Welt statt, entweder auf dem Festlande des tropischen Afrika oder Asien, oder auf einem früheren (jetzt unter den Spiegel des indischen Oceans versunkenen) Continente, der von Ost-Afrika (Madagascar und Abyssinien) bis nach Ost-Asien (Sunda-Inseln und Hinter-Indien) hinüberreichte. Welche gewichtigen Gründe für die frühere Existenz dieses grossen, Lemurien genannten Continents sprechen, und wie die Verbreitung der verschiedenen Menschen-Arten und -Rassen von diesem „Paradiese" aus über die Erdoberfläche ungefähr zu denken ist, habe ich bereits in meiner „Natürlichen Schöpfungsgeschichte" ausführlich erörtert (XXIII. Vortrag und Taf. XV.) Ebendaselbst habe ich auch die Verwandtschafts-Beziehungen der verschiedenen Rassen und Species des Menschen-Geschlechts näher erläutert[108].

Zwanzigster Vortrag.

Entwickelungsgeschichte der Hautdecke und des Nervensystems.

„Die anatomischen Verschiedenheiten zwischen dem Menschen und den höchsten Affen sind von geringerem Werth, als diejenigen zwischen den höchsten und den niedersten Affen. Man kann kaum irgend einen Theil des körperlichen Baues finden, welcher jene Wahrheit besser als Hand und Fuss illustriren könnte; und doch giebt es ein Organ, dessen Studium uns denselben Schluss in einer noch überraschenderen Weise aufnöthigt — und dies ist das Gehirn. Als ob die Natur an einem auffallenden Beispiele die Unmöglichkeit nachweisen wollte, zwischen dem Menschen und den Affen eine auf den Gehirnbau gegründete Grenze aufzustellen, so hat sie bei den letzteren Thieren eine fast vollständige Reihe von Steigerungen des Gehirns gegeben: von Formen an, die wenig höher sind als die eines Nagethieres, bis zu solchen, die wenig niedriger sind als die des Menschen.“

Thomas Huxley. (1863).

Inhalt des zwanzigsten Vortrages.

Animale und vegetative Organ-Systeme. Ursprüngliche Beziehungen derselben zu den beiden primären Keimblättern. Sinnes-Apparat. Bestandtheile desselben: ursprünglich nur das Exoderm oder Hautblatt; später Hautdecke vom Nervensystem gesondert. Doppelte Function der Haut (Decke und Tastorgan). Oberhaut (Epidermis) und Lederhaut (Corium). Anhänge der Epidermis: Hautdrüsen (Schweissdrüsen, Thränendrüsen, Talgdrüsen, Milchdrüsen); Nägel und Haare. Das embryonale Wollkleid. Haupthaar und Barthaar. Einfluss der geschlechtlichen Zuchtwahl. Einrichtung des Nerven-Systems. Motorische und sensible Nerven. Centralmark: Gehirn und Rückenmark. Zusammensetzung des menschlichen Gehirns (grosses und kleines Gehirn). Vergleichende Anatomie des Centralmarks. Keimesgeschichte des Markrohrs. Sonderung des Medullarrohrs in Gehirn und Rückenmark. Zerfall der einfachen Gehirnblase in fünf hinter einander liegende Hirnblasen: Vorderhirn (Grosshirn); Zwischenhirn (Sehhügel); Mittelhirn (Vierhügel); Hinterhirn (Kleinhirn); Nachhirn (Nackenmark). Verschiedene Ausbildung der fünf Hirnblasen bei den verschiedenen Wirbelthierklassen. Entwickelung des Leitungsmarks oder des peripherischen Nervensystems.

XX.

Meine Herren!

Durch unsere bisherigen Untersuchungen sind wir zu der Erkenntniss gelangt, wie sich aus einer ganz einfachen Anlage, nämlich aus einer einzigen einfachen Zelle, der menschliche Körper im Grossen und Ganzen entwickelt hat. Ebenso das ganze Menschengeschlecht, wie jeder einzelne Mensch, verdankt einer einfachen Zelle seinen Ursprung. Die einzellige Stammform des ersteren wird noch heute durch die einzellige Keimform des letzteren wiederholt. Es erübrigt nun noch einen Blick auf die Entwickelungsgeschichte der einzelnen Theile zu werfen, welche den menschlichen Körper zusammensetzen. Natürlich muss ich mich hier auf die allgemeinsten und wichtigsten Umrisse beschränken, da ein specielles Eingehen auf die Entwickelungsgeschichte der einzelnen Organe und Gewebe weder durch den diesen Vorträgen zugemessenen Raum, noch durch den Umfang des anatomischen Wissens, welchen ich bei den meisten von Ihnen voraussetzen darf, gestattet ist. Wir werden bei der Entwickelungsgeschichte der Organe und ihrer Functionen denselben Weg wie bisher verfolgen, nur in der Weise modificirt, dass wir gleichzeitig die ontogenetische und phylogenetische Entstehung der Körpertheile in's Auge fassen. Sie haben bei der Entwickelungsgeschichte des menschlichen Körpers im Grossen und Ganzen sich überzeugt, wie uns die Phylogenese überall als Leuchte auf dem dunkeln Wege der Ontogenese dient, und wie wir nur mittelst des rothen Fadens phylogenetischer Verknüpfung im Stande sind, überhaupt uns in dem Labyrinthe der ontogenetischen Thatsachen zurecht zu finden. Ganz ebenso werden wir nun auch bei der Entwickelungsgeschichte der einzelnen Theile verfahren; nur werde ich genöthigt sein, immer gleichzeitig die ontogenetische und die phylogenetische Entstehung der Organe Ihnen vorzuführen. Denn je mehr man auf die Einzel-

heiten der organischen Entwickelung eingeht, und je genauer man die Entstehung aller einzelnen Theile verfolgt, desto mehr überzeugt man sich, wie unzertrennlich die Keimesentwickelung mit der Stammesentwickelung zusammenhängt. Auch die Ontogenie der Organe kann nur durch ihre Phylogenie verstanden und erklärt werden; ebenso wie die Keimesgeschichte der ganzen Körperform (der „Person") nur durch ihre Stammesgeschichte verständlich wird. Jede Keimform ist durch eine entsprechende Stammform bedingt. Das gilt im Einzelnen wie im Ganzen.

Indem wir nun jetzt an der Hand dieses biogenetischen Grundgesetzes eine allgemeine Uebersicht über die Grundzüge der Entwickelung der einzelnen menschlichen Organe zu gewinnen suchen, werden wir zunächst die animalen und sodann die vegetativen Organ-Systeme des Körpers in Betracht ziehen. Die erste Hauptgruppe der Organe, die animalen Organ-Systeme, bestehen aus dem Sinnes-Apparat und dem Bewegungs-Apparat. Zum Sinnes-Apparat gehören die Hautdecke, das Nervensystem und die Sinnesorgane. Der Bewegungs-Apparat ist aus den passiven Bewegungs-Organen (dem Skelet) und den activen Bewegungs-Organen (den Muskeln) zusammengesetzt. Die zweite Hauptgruppe der Organe, die vegetativen Organ-Systeme, bestehen aus dem Ernährungs-Apparat und dem Fortpflanzungs-Apparat. Zu dem Ernährungs-Apparate gehört vor Allem der Darmcanal mit allen seinen Anhängen, zu denen ausser den Verdauungsdrüsen auch die Athmungsorgane zu rechnen sind; ferner das Gefässsystem und das Nierensystem. Der Fortpflanzungs-Apparat umfasst die verschiedenen Geschlechtsorgane und ihre Anhänge (Keimdrüsen, Keimleiter, Copulations-Organe u. s. w.).

Wie Sie bereits aus den früheren Vorträgen (IX und X) wissen, entwickeln sich die animalen Organ-Systeme (die Werkzeuge der Empfindung und Bewegung) vorzugsweise aus dem äusseren primären Keimblatte, aus dem Hautblatte. Hingegen entstehen die vegetativen Organ-Systeme (die Werkzeuge der Ernährung und Fortpflanzung) zum grössten Theile aus dem inneren primären Keimblatte, aus dem Darmblatte. Freilich ist dieser fundamentale Gegensatz zwischen der animalen und vegetativen Sphäre des Körpers beim Menschen sowohl, wie bei allen höheren Thieren keineswegs durchgreifend; vielmehr entstehen viele einzelne Theile des animalen Apparats

Zwanzigste Tabelle.

Uebersicht über die Organ-Systeme des menschlichen Körpers.

(NB. Der Ursprung der einzelnen Organe aus den vier secundären Keimblättern ist durch die römischen Ziffern (I—IV) angedeutet: I Hautsinnesblatt. II Hautfaserblatt. III Darmfaserblatt. IV Darmdrüsenblatt.)

A. Animale Organ-Systeme	a. Sinnes-Apparat *Sensorium*	**1. Hautdecke** *(Derma)*	Oberhaut	Epidermis I	
			Lederhaut	Corium II	
		2. Centrales Nerven-System	Gehirn	Encephalon	I
			Rückenmark	Medulla spinalis	
		3. Peripherisches Nerven-System	Gehirnnerven	Nervi cerebrales I + II	
			Rückenmarksnerven	Nervi spinales II	
			Darmnerven	Sympathicus II + III ?	
		4. Sinnes-Organe *(Organa sensuum)*	Gefühlsorgan (Haut)	Org. tactus	I + II
			Geschmacksorgan (Zunge)	Org. gustus	
			Geruchsorgan (Nase)	Org. olfactus	
			Gesichtsorgan (Auge)	Org. visus	
			Gehörorgan (Ohr)	Org. auditus	
	b. Bewegungs-Apparat *Locomotorium*	**5. Muskel-System** (Active Bewegungsorgane)	Hautmuskeln	Musculi cutanei	II
			Skeletmuskeln	Musculi skeleti	
		6. Skelet-System (Passive Bewegungsorgane)	Wirbelsäule	Vertebrarium	
			Schädel	Cranium	
			Gliedmaassen-Skelet	Sk. extremitatum	
B. Vegetative Organ-Systeme	c. Ernährungs-Apparat *Nutritorium*	**7. Darm-System** *(Gaster)*	Verdauungsorgane	O. digestiva	III + IV
			Athmungsorgane	O. respiratoria	
		8. Gefäss-System *(Organa circulationis)*	Leibeshöhle	Coeloma II + III	
			Lymphgefässe	Vasa lymphatica	II + III
			Blutgefässe	Vasa sanguifera	
			Herz	Cor III	
		9. Nieren-System *(Organa urinaria)*	Nieren	Renes	I ? + II
			Harnleiter	Ureteres	
			Harnblase	Urocystis III + IV	
	d. Fortpflanzungs-Apparat *Propagatorium*	**10. Geschlechts-Organe** *(Organa sexualia)*	Geschlechtsdrüsen	Gonades	III + IV ?
			(I. Eierstöcke)	(I. Ovaria)	
			(II. Hoden)	(II. Testes)	
			Geschlechtsleiter	Gonophori	I ? + II
			(I. Eileiter)	(I. Oviductus)	
			(II. Samenleiter)	(II. Spermaductus)	
			Copulations-Organe	Copulativa	I + II
			(I. Scheide)	(I. Vagina)	
			(II. Ruthe)	(II. Penis)	

(z. B. der Darmnerv oder Sympathicus) aus Zellen, welche Abkömmlinge des Entoderms sind; umgekehrt wird ein grosser Theil des vegetativen Apparates (z. B. die Mundhöhle, und wahrscheinlich der grösste Theil der Harn- und Geschlechts-Organe) aus Zellen gebildet, welche ursprünglich vom Exoderm abstammen. Ueberhaupt findet ja im höher entwickelten Thierkörper eine so vielfache Durchflechtung und Verwickelung der verschiedenartigsten Theile statt, dass es oft äusserst schwierig ist, die ursprüngliche Quelle aller einzelnen Bestandtheile anzugeben. Allein im Grossen und Ganzen betrachtet, dürfen wir es als eine sicher gestellte und hochwichtige Thatsache annehmen, dass beim Menschen, wie bei allen höheren Thieren, der grösste Theil der animalen Organe aus dem Hautblatt oder Exoderm, der überwiegende Theil der vegetativen Organe aus dem Darmblatt oder Entoderm abzuleiten ist. Gerade deshalb hat ja schon CARL ERNST BAER das erstere (PANDER's „seröses Blatt") als animales Keimblatt, und das letztere (PANDER's „mucöses Blatt") als vegetatives Keimblatt bezeichnet (vergl. S. 41 und 43, sowie S. 151). Natürlich setzen wir bei dieser bedeutungsvollen Annahme voraus, dass die von uns vertretene Ansicht BAER's richtig ist, wonach das Hautfaserblatt (BAER's „Fleischschicht") vom Exoderm, und anderseits das Darmfaserblatt (BAER's „Gefässschicht") vom Entoderm ursprünglich (phylogenetisch!) abstammen muss (vergl. S. 163 und 232).

Als sicheres Fundament dieser einflussreichen, auch heute noch vielfach bekämpften Anschauung betrachten wir die Gastrula, jene wichtigste Keimform des Thierreichs, die wir noch heutzutage in der Keimesgeschichte der verschiedensten Thierklassen in gleicher Gestalt wiederfinden (vergl. S. 157, 159, und 323. 325). Diese bedeutungsvolle Keimform deutet mit unwiderleglicher Klarheit auf eine gemeinsame Stammform aller Thiere (mit einziger Ausnahme der Urthiere) hin, auf die Gastraea; und bei dieser längst ausgestorbenen Stammform bestand der ganze Thierkörper zeitlebens nur aus den zwei primären Keimblättern, wie es noch heute vorübergehend bei der entsprechenden Keimform, der Gastrula, der Fall ist. Bei der Gastraea vertrat das einfache Hautblatt actuell die sämmtlichen animalen Organe und Functionen, und anderseits das einfache Darmblatt alle vegetativen Organe und Functionen; potentiell ist dasselbe noch heute bei der Gastrula der Fall;

und ebenso natürlich bei der zweiblättrigen Keimhautblase und Keimscheibe des Menschen und aller höheren Wirbelthiere. Diese letztere hat sich ja erst aus der Gastrula des Amphioxus oder vielmehr der ausgestorbenen Acranier durch allmähliche Ausbildung eines mächtigen Nahrungsdotters historisch entwickelt.

Wie diese Gastraea-Theorie [13]) im Stande ist, nicht nur in morphologischer, sondern auch in physiologischer Beziehung uns über die wichtigsten Verhältnisse in der Entwickelungsgeschichte des Menschen und aller anderen Darmthiere aufzuklären, davon werden Sie sich alsbald überzeugen, wenn wir jetzt zunächst den ersten Hauptbestandtheil der animalen Sphaere, den Sinnes-Apparat oder das Sensorium, auf seine Entwickelung untersuchen. Dieser Apparat besteht, wie Sie bereits wissen, aus zwei sehr verschiedenen Hauptbestandtheilen, die scheinbar Nichts mit einander zu thun haben, nämlich erstens aus der äusseren Hautbedeckung (*Derma*) sammt den damit zusammenhängenden Haaren, Nägeln, Schweissdrüsen u. s. w.; und zweitens aus dem innerlich gelegenen Nervensystem. Letzteres umfasst sowohl das Central-Nervensystem (Gehirn und Rückenmark), als auch die peripherischen Gehirnnerven, Rückenmarksnerven und Darmnerven, endlich auch die Sinnesorgane. Im ausgebildeten Wirbelthierkörper liegen diese beiden Hauptbestandtheile des Sensoriums gänzlich getrennt: die Hautdecke ganz aussen am Körper, das Central-Nervensystem ganz innen, von ersterer völlig getrennt. Nur durch einen Theil des peripherischen Nervensystems und der Sinnesorgane hängt das letztere mit der ersteren zusammen. Dennoch entsteht, wie Sie bereits aus der Ontogenesis des Menschen wissen, das letztere aus der ersteren. Diejenigen Organe unseres Körpers, welche die allerhöchsten und vollkommensten Functionen des Thierleibes vermitteln: die Functionen des Empfindens, des Wollens, des Denkens — mit einem Worte die Organe der Psyche, des Seelenlebens — entwickeln sich aus der äusseren Hautbedeckung!

Diese merkwürdige Thatsache erscheint, für sich allein betrachtet, so wunderbar, unerklärlich und paradox, dass man lange Zeit hindurch versuchte, die Wahrheit der Thatsache einfach zu leugnen. Man stellte den zuverlässigsten embryologischen Beobachtungen gegenüber die falsche Behauptung auf, dass sich das Central-Nervensystem nicht aus dem äussersten Keimblatte, sondern aus einer be-

sonderen darunter gelegenen Zellenschicht entwickele! Indessen liess sich die ontogenetische Thatsache nicht wegbringen, und jetzt, wo wir im Lichte der Phylogenese dieselbe betrachten, erscheint sie uns gerade umgekehrt als ein ganz natürlicher und nothwendiger Vorgang. Wenn man nämlich über die historische Entwickelung der Seelen- und Sinnesthätigkeiten nachdenkt, so muss man nothwendig zu der Vorstellung kommen, dass die Zellen, welche dieselben vermitteln, ursprünglich an der äusseren Oberfläche des Thierkörpers gelegen haben müssen. Nur solche äusserlich gelegene Elementar-Organe konnten die Eindrücke der Aussenwelt unmittelbar aufnehmen und vermitteln. Später zog sich dann allmählich unter dem Einflusse der natürlichen Züchtung derjenige Zellencomplex der Haut, der vorzugsweise „empfindlich" wurde, in das geschütztere Innere des Körpers zurück und bildete hier die erste Grundlage eines nervösen Central-Organs. In Folge weiterer Sonderung wurde dann die Differenz und der Abstand zwischen der äusseren Hautdecke und dem davon abgeschnürten Central-Nervensystem immer grösser, und endlich standen beide nur noch durch die leitenden peripherischen Empfindungs-Nerven in Verbindung. Wenn Sie diese wichtige phylogenetische Gedankenreihe eingehend verfolgen, so wird Ihnen jene anscheinend wunderbare ontogenetische Thatsache als ein sehr natürlicher und selbstverständlicher Entwickelungs-Process erscheinen.

Mit dieser Auffassung steht auch der vergleichend-anatomische Befund in vollständig befriedigendem Einklang. Die vergleichende Anatomie lehrt uns, dass ein grosser Theil der niederen Thiere noch kein Nerven-System besitzt, trotzdem sie die Functionen des Empfindens, Wollens und Denkens gleich den höheren Thieren ausüben. Bei den Urthieren oder Protozoen, die überhaupt noch keine Keimblätter bilden, fehlt selbstverständlich das Nerven-System ebenso, wie die Hautdecke. Aber auch in der zweiten Hauptabtheilung des Thierreichs, bei den Darmthieren oder Metazoen, ist anfänglich noch gar kein Nerven-System vorhanden. Die Functionen desselben werden durch die einfache Zellenschicht des Exoderms vertreten, welches die niederen Darmthiere unmittelbar von der Gastraea geerbt haben. So verhält es sich bei den niedersten Pflanzenthieren: den Schwämmen oder Spongien, und den niedersten hydroiden Polypen, die sich nur wenig über die Gastraeaden und die früher besprochene ontogenetische Ascula-Form erheben Fig. 109.

S. 401). Wie die sämmtlichen vegetativen Functionen durch das einfache Darmblatt, so werden alle animalen Functionen hier durch das ebenso einfache Hautblatt vollzogen. Die einfache Zellenschicht des Exoderm ist hier Hautdecke, Locomotions-Apparat und Nerven-System zugleich.

Höchst wahrscheinlich hat das Nervensystem auch noch einer grossen Anzahl von jenen Urwürmern (*Archelminthes*) gefehlt, die sich zunächst aus den Gastraeaden entwickelten. Selbst noch jene Urwürmer, bei denen bereits die beiden primären Keimblätter sich in die vier secundären Keimblätter gespalten hatten (Fig. 56, S. 233; Taf. III, Fig. 10), werden noch kein von der Haut gesondertes Nervensystem besessen haben. Das Hautsinnesblatt wird auch bei diesen längst ausgestorbenen Würmern noch gleichzeitig Hautdecke und Nervensystem gewesen sein. Aber schon bei den Plattwürmern, welche unter den heute noch lebenden Würmern jenen Urwürmern am nächsten stehen, treffen wir ein selbstständiges Nervensystem an, welches sich von der äusseren Hautdecke gesondert und abgeschnürt hat. Das ist der oberhalb des Schlundes gelegene „obere Schlundknoten" (Taf. III, Fig. 11 *m*). Aus dieser einfachen Grundlage hat sich das complicirte Central-Nervensystem aller höheren Thiere entwickelt. Bei den höheren Würmern, z. B. beim Regenwurm, ist nach den Untersuchungen von KOWALEVSKY die erste Anlage des Central-Nervensystems eine locale Verdickung des Hautsinnesblattes (Fig. 132 *n*), welche sich später ganz von der Hornplatte abschnürt. Aber auch das Markrohr der Wirbelthiere hat denselben Ursprung. Sie wissen bereits aus der Ontogenese des Menschen, dass auch dieses „Medullarrohr", als die Grundlage des Central-Nervensystems, sich ursprünglich aus der äusseren Hautdecke entwickelt. Anfänglich ist dasselbe weiter nichts, als eine rinnenförmige Einsenkung der Rü-

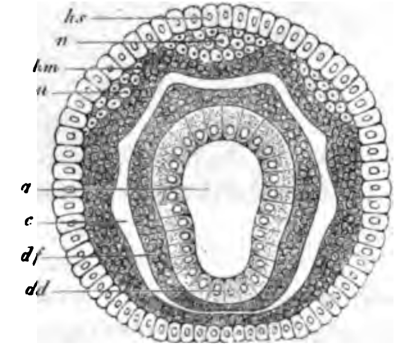


Fig. 132.

Fig. 132. Querschnitt durch den Embryo eines Regenwurmes. *hs* Hautsinnesblatt. *hm* Hautfaserblatt. *df* Darmfaserblatt. *dd* Darmdrüsenblatt. *a* Darmhöhle. *c* Leibeshöhle oder Coelom. *n* Urhirn. *u* Urnieren.

ckenhaut, welche sich später zu einem Rohr schliesst und sich zuletzt ganz von der äusseren Haut abschnürt.

Lassen Sie uns jetzt aber zunächst von diesen höchst interessanten Entwickelungs-Verhältnissen noch absehen und vorerst die Entwickelungsgeschichte der späteren menschlichen Hautdecke, mit ihren Haaren, Schweissdrüsen u. s. w. näher in's Auge fassen. Diese äussere Decke (*Derma* oder *Tegmentum*) spielt in physiologischer Beziehung eine doppelte wichtige Rolle. Erstens ist die Haut die allgemeine Schutzdecke (*Integumentum commune*), welche die gesammte Oberfläche des Körpers überzieht und eine schützende Hülle für alle übrigen Theile bildet. Als solche vermittelt sie zugleich auch einen gewissen Stoffaustausch zwischen dem Körper und der umgebenden atmosphärischen Luft (Ausdünstung oder Hautathmung, Perspiration). Zweitens ist die Haut das älteste und ursprünglichste Sinnesorgan; das Tastorgan, welches die Empfindung der umgebenden Temperatur und des Druckes oder Widerstandes der berührenden Körper vermittelt.



Fig. 133.

Die Haut des Menschen ist, wie die Haut aller höheren Thiere, aus zwei wesentlich verschiedenen Theilen zusammengesetzt: aus der äusseren Oberhaut und der darunter gelegenen Lederhaut. Die äussere Oberhaut (*Epidermis*) ist bloss aus einfachen Zellen zusammengesetzt und enthält weder Blutgefässe noch Nerven. Sie entwickelt sich aus dem ersten secundären Keimblatte,

Fig. 133. Die menschliche Haut im senkrechten Durchschnitt (nach Ecker), stark vergrössert. *a* Hornschicht der Oberhaut. *b* Schleimschicht der Oberhaut. *c* Wärzchen oder Papillen der Lederhaut. *d* Blutgefässe derselben. *ef* Ausführgänge der (*g*) Schweissdrüsen. *h* Fettträubchen der Lederhaut. *i* Nerv, oben in ein Tastkörperchen übergehend.

aus dem Hautsinnesblatte, und zwar unmittelbar aus der Hornplatte desselben (Fig. 132 *hs*). Die Lederhaut hingegen (*Corium*) besteht grösstentheils aus Bindegewebe oder Fasergewebe, enthält zahlreiche Blutgefässe und Nerven und hat einen ganz anderen Ursprung. Sie entsteht nämlich aus der äussersten Schicht des zweiten secundären Keimblattes, des Hautfaserblattes. Die Lederhaut ist viel dicker als die Oberhaut. In ihren tieferen Schichten (in der „*Subcutis*") liegen viele Haufen von Fettzellen (Fig. 133 *h*). Ihre oberflächlichste Schicht (die eigentliche „Cutis" oder die Papillarschicht) bildet fast auf der ganzen Oberfläche des Körpers eine Menge von kegelförmigen mikroskopischen Wärzchen oder Papillen, welche in die darüber gelegene Oberhaut hineinragen (Fig. 133 *c*). Diese „Tastwärzchen oder Gefühlswärzchen" enthalten die feinsten Empfindungs-Organe der Haut, die „Tastkörperchen". Andere Wärzchen enthalten bloss Endschlingen der ernährenden Blutgefässe der Haut (Fig. 133 *c, d*). Alle diese verschiedenen Theile der Lederhaut entstehen durch Arbeitstheilung aus den ursprünglich gleichartigen Zellen der Lederplatte, der äussersten Spaltungs-Lamelle des Hautfaserblattes (Fig. 68 *hpr*; Taf. II und III, *l*; [109]).

Ebenso entwickeln sich sämmtliche Bestandtheile und Anhänge der Oberhaut (*Epidermis*) durch Differenzirung aus den gleichartigen Zellen der Hornplatte (Fig. 134; Taf. II und III *h*). Schon sehr frühzeitig sondert sich die einfache Zellenlage dieser Hornplatte in zwei verschiedene Schichten. Die innere weichere Schicht (Fig. 133 *b*) wird als Schleimschicht, die äussere, härtere (Fig. 133 *a*) als Hornschicht der Oberhaut bezeichnet. Diese Hornschicht wird beständig an der Oberfläche abgenutzt und abgestossen; neue Zellenschichten treten durch Nachwachsen der darunter gelegenen Schleimschicht der Oberhaut an ihre Stelle. Anfänglich bildet die Oberhaut eine ganz einfache Decke der Körperoberfläche. Später aber entwickeln sich aus derselben verschiedene Anhänge, theils nach innen, theils nach aussen hin. Die inneren Anhänge sind die Drüsen der

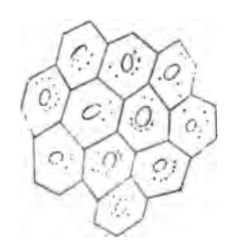


Fig. 134.

Fig. 134. Oberhaut-Zellen eines menschlichen Embryo von zwei Monaten. (Nach KOELLIKER.)

Haut: Schweissdrüsen, Talgdrüsen u. s. w. Die äusseren Anhänge sind die Haare und Nägel.

Die Drüsen der Hautdecke sind ursprünglich weiter Nichts als solide zapfenförmige Wucherungen der Oberhaut, welche sich in die darunter gelegene Lederhaut einsenken (Fig. 135, 1). Erst später entsteht im Inneren dieser soliden Zapfen ein Canal (Fig. 135, 2, 3), entweder indem die centralen Zellen des Zapfens erweicht und aufgelöst werden, oder indem Flüssigkeit im Inneren abgeschieden wird. Einige dieser Hautdrüsen bleiben einfach und unverästelt, so namentlich die Schweissdrüsen (Fig. 133 *efg*). Diese Drüsen, welche den Schweiss absondern, werden zwar sehr lang und bilden am Ende einen aufgewundenen Knäuel (Fig. 133 *g*); aber sie verzweigen sich niemals; ebenso die Ohrenschmalzdrüsen, welche das fettige Ohrenschmalz absondern. Die meisten anderen Hautdrüsen treiben Sprossen und verästeln sich, so namentlich die am oberen Augenlide gelegenen Thränendrüsen, welche die Thränen absondern (Fig. 135), ferner die Talgdrüsen, welche die fettige Hautschmiere oder den Hauttalg liefern und welche meistens in die Haarbälge einmünden. Schweissdrüsen und Talgdrüsen kommen nur den Säugethieren zu. Hingegen finden sich Thränendrüsen bei allen drei Amnioten-Klassen vor, bei Reptilien, Vögeln und Säugethieren. Den niederen Wirbelthieren fehlen dieselben.



Fig. 135.

Sehr merkwürdige Hautdrüsen, welche bei allen Säugethieren, aber auch ausschliesslich nur bei diesen, vorkommen, sind die Milchdrüsen (*Glandulae mammales*), welche die Milch zur Ernährung des neugebornen Säugethieres liefern (Fig. 136, 137). Trotz ihrer

---

Fig. 135. Thränendrüsen-Anlagen eines menschlichen Embryo von 4 Monaten (nach KOELLIKER). 1 jüngste Anlage in Gestalt eines einfachen soliden Zapfens. 2, 3 weiter entwickelte Anlagen, die sich verästeln und im Inneren aushöhlen. *a* solide Sprossen. *e* Zellenauskleidung der hohlen Sprossen. *f* Anlage der faserigen Hülle, welche später die Lederhaut um die Drüsen bildet.

ausserordentlichen Grösse sind diese wichtigen Gebilde doch weiter Nichts als mächtige Talgdrüsen der Haut (Taf. III, Fig. 16 *md*). Die Milch entsteht ebenso durch Verflüssigung der fetthaltigen Milch-





Fig. 137.

zellen im Inneren der verästelten Milchdrüsenschläuche (Fig. 136 *c*), wie der Hauttalg und das Haarfett


Fig. 136.

durch Auflösung der fetthaltigen Talgzellen im Inneren der Hauttalgdrüsen. Die Ausführgänge der Milchdrüsen erweitern sich zu sackartigen Milchgängen (*b*), welche sich wieder verengern (*a*) und in der Zitze oder Brustwarze durch 16—24 feine Oeffnungen getrennt ausmünden. Die erste Anlage dieser grossen zusammengesetzten Drüse ist ein ganz einfacher konischer Zapfen der Oberhaut, der in die Lederhaut hineinwächst und sich verästelt. Noch beim neugeborenen Kinde besteht sie nur aus 12—18strahlig gestellten Läppchen (Fig. 137.) Allmählich verästeln sich diese, ihre Ausführgänge höhlen sich aus und erweitern sich, und zwischen den Läppchen sammeln sich reichliche Fettmassen an. So entsteht die hervorragende weibliche Brust (*Mamma*), auf deren Höhe sich die zum Saugen angepasste Zitze oder Brustwarze (*Mammilla*) erhebt [110].

Fig. 136. Die weibliche Brust (*Mamma*) im senkrechten Durchschnitt. *c* traubenförmige Drüsenläppchen. *b* erweiterte Milchgänge. *a* verengte Ausführgänge, welche durch die Brustwarze münden. (Nach H. Meyer).

Fig. 137. Milchdrüse des Neugeborenen. *a* ursprüngliche Central-Drüse; *b* kleinere und *c* grössere Sprossen derselben. (Nach Langer.)

Diese letztere entsteht erst später, nachdem die Milchdrüse bereits angelegt ist; und diese ontogenetische Erscheinung ist deshalb von hohem Interesse, weil die älteren Säugethiere (die Stammformen der ganzen Klasse) überhaupt noch keine Warzen zum Milchsaugen besassen. Die Milch trat hier einfach aus einer ebenen, siebförmig durchlöcherten Stelle der Bauchhaut hervor, wie es noch heute bei den niedersten lebenden Säugethieren, den Schnabelthieren, der Fall ist (S. 448). Wir konnten diese deshalb geradezu als Zitzenlose (*Amasta*) bezeichnen. Bei vielen niederen Säugethieren sind zahlreiche Milchdrüsen vorhanden, welche an verschiedenen Stellen der Bauchseite sitzen. Beim menschlichen Weibe sind gewöhnlich nur ein Paar Milchdrüsen vorn an der Brust vorhanden, und ebenso bei den Affen, Fledermäusen, Elephanten und einigen anderen Säugethieren. Bisweilen treten aber auch beim menschlichen Weibe zwei Paar hinter einander liegende Brustdrüsen (oder selbst noch mehr) auf, und das ist als Rückschlag in eine ältere Stammform zu deuten. Bisweilen sind dieselben auch beim Manne wohl entwickelt und zum Säugen tauglich, während sie gewöhnlich beim männlichen Geschlecht nur als rudimentäre Organe ohne Function existiren.

Aehnlich wie die Hautdrüsen als locale Wucherungen der Oberhaut nach innen hinein, so entstehen die Hautanhänge, die wir Nägel und Haare nennen, als locale Wucherungen derselben, die nach aussen hervortreten. Die Nägel (*Ungues*), welche als wichtige Schutzgebilde an der Rückenfläche des empfindlichsten Theiles unserer Gliedmaassen, der Zehenspitzen und Fingerspitzen auftreten, sind Horngebilde der Epidermis, deren Besitz wir mit den Affen theilen. Die niederen Säugethiere besitzen an deren Stelle meistens Krallen, die Hufthiere dagegen Hufe. Die Stammform der Säugethiere besass unstreitig Krallen oder Klauen, wie solche in der ersten Anlage schon beim Salamander auftreten. Ebenso wie die Hufe der Hufthiere, so sind auch die Nägel der Affen und Menschen aus den Krallen der älteren Säugethiere entstanden. Beim menschlichen Embryo erscheint die erste Anlage der Nägel (zwischen Hornschicht und Schleimschicht der Oberhaut) erst im vierten Monate. Aber erst am Ende des sechsten Monats tritt ihr Rand frei hervor.

Die interessantesten und wichtigsten Anhänge der Oberhaut sind die Haare, welche für die ganze Klasse der Säugethiere wegen ihrer eigenthümlichen Zusammensetzung und Entstehungsweise als

ganz charakteristische Gebilde gelten müssen. Allerdings finden sich Haare auch bei vielen niederen Thieren sehr verbreitet vor, z. B. bei den Insecten und Würmern. Allein diese Haare, ebenso wie die Haare der Pflanzen, sind fadenförmige Anhänge der Oberfläche, welche durch ihre charakteristische feinere Structur und Entwickelungsart von den Haaren der Säugethiere ganz verschieden sind. OKEN nannte deshalb letztere mit Recht „Haarthiere“. Die Haare des Menschen, wie aller übrigen Säugethiere, sind lediglich aus eigenthümlich differenzirten und angeordneten Epidermis-Zellen zusammengesetzt. In ihrer ersten Anlage beim Embryo erscheinen sie als solide zapfenförmige Einsenkungen der Oberhaut in die darunter liegende Lederhaut, ganz ähnlich den Einsenkungen der Talg- und Schweissdrüsen. Wie bei den letzteren ist der einfache Zapfen anfangs nur aus gewöhnlichen Epidermis-Zellen zusammengesetzt. Im Inneren dieses Zapfens sondert sich bald eine centrale festere Zellenmasse von kegelförmiger Gestalt. Diese wächst beträchtlich in die Länge, löst sich von der umgebenden Zellenmasse („Wurzelscheide“), bricht endlich nach Aussen durch und tritt als Haarschaft frei über die Oberfläche hervor. Der in der Hauteinsenkung (dem „Haarbalg“) verborgene innerste Theil ist die Haarwurzel, umgeben von der Wurzelscheide. Der Durchbruch der ersten Haare beim menschlichen Embryo erfolgt zu Ende des fünften und im Beginn des sechsten Monats.

Gewöhnlich ist der Embryo des Menschen während der letzten drei bis vier Monate der Schwangerschaft mit einem dichten Ueberzuge von feinen Wollhaaren bedeckt. Dieses embryonale Wollkleid (*Lanugo*) geht theilweise schon während der letzten Wochen des Embryolebens, jedenfalls aber bald nach der Geburt verloren und wird durch das dünnere bleibende Haarkleid ersetzt. Die bleibenden späteren Haare wachsen aus Haarbälgen hervor, die aus der Wurzelscheide des abfallenden Wollhaares hervorsprossen. Gewöhnlich bedecken die embryonalen Wollhaare beim menschlichen Embryo den ganzen Körper mit Ausnahme der Handflächen und der Fusssohlen. Diese Theile bleiben beständig nackt, wie sie auch bei allen Affen und bei den meisten anderen Säugethieren unbehaart bleiben. Nicht selten weicht das Wollkleid des Embryo durch seine Farbe auffallend von der späteren bleibenden Haarbedeckung ab. So kommt es z. B. bei unserem indogermanischen Stamme bisweilen vor, dass

Kinder von blonden Eltern bei der Geburt zum Schrecken dieser letzteren mit einem dunkelbraunen oder selbst schwarzen Wollpelze bedeckt erscheinen. Erst nachdem dieser abgestossen ist, treten die bleibenden blonden Haare auf, welche das Kind von den Eltern geerbt hat. Bisweilen bleibt der dunkle Pelz noch mehrere Wochen oder selbst Monate nach der Geburt erhalten. Dieses merkwürdige Wollkleid lässt sich gar nicht anders deuten, denn als Erbstück von unseren uralten, langhaarigen Vorfahren, den Affen.

Nicht minder bemerkenswerth ist es, dass viele von den höheren Affen in der dünnen Behaarung einzelner Körperstellen sich bereits dem Menschen nähern. Bei den meisten Affen, namentlich bei den höheren Catarhinen, ist das Gesicht grösstentheils oder ganz nackt, oder nur so dünn und kurz behaart wie beim Menschen. Wie bei diesem, ist auch bei jenen meistens der Hinterkopf durch stärkere Behaarung ausgezeichnet, und die Männchen haben oft einen starken Backenbart und Kinnbart (vergl. Fig. 125, S. 485). Hier wie dort ist diese Zierde des männlichen Geschlechts jedenfalls durch sexuelle Selection erworben. Bei manchen Affen ist die Brust und die Beugeseite der Gelenke sehr dünn behaart, viel spärlicher als der Rücken und die Streckseite der Gelenke. Anderseits werden wir auch nicht selten durch die zottige Behaarung der Schultern, des Rückens und der Streckseiten der Extremitäten überrascht, welche wir bei einzelnen Männern unseres indogermanischen und des semitischen Stammes wahrnehmen. Bekanntlich ist starke Behaarung des ganzen Körpers in einzelnen Familien erblich, wie auch die relative Stärke des Wuchses von Kopfhaar und Barthaar, sowie die besondere Beschaffenheit des letzteren sich auffallend in vielen Familien vererbt. Diese ausserordentlichen Verschiedenheiten in der totalen und partiellen Behaarung des Körpers, die nicht allein bei Vergleichung der verschiedenen Menschen-Rassen, sondern auch bei Vergleichung vieler Familien einer Rasse höchst auffallend erscheinen müssen, erklären sich einfach daraus, dass das Haarkleid des Menschen im Ganzen ein rudimentäres Organ ist, eine unnütze Erbschaft, welche er von den stärker behaarten Affen übernommen hat. Der Mensch gleicht darin dem Elephanten, dem Rhinoceros, dem Nilpferd, den Walfischen und anderen Säugethieren verschiedener Ordnungen, die ebenfalls ihr ursprüngliches Haarkleid durch Anpassung ganz oder grösstentheils verloren haben [111].

Dasjenige Anpassungs-Verhältniss, durch welches beim Menschen der Haarwuchs an den meisten Körperstellen zurückgebildet, an einzelnen Stellen aber conservirt oder selbst besonders stark ausgebildet wurde, war höchst wahrscheinlich die geschlechtliche Zuchtwahl. Wie DARWIN in seinem Buche über die „Abstammung des Menschen" sehr einleuchtend gezeigt hat, ist gerade in dieser Beziehung die sexuelle Selection sehr einflussreich gewesen. Indem die männlichen anthropoiden Affen bei ihrer Brautwahl die wenigst behaarten Affen-Weibchen bevorzugten, diese letzteren aber denjenigen Bewerbern den Vorzug gaben, die sich durch besonders schönen Bart und Kopfhaar auszeichneten, wurde die gesammte Behaarung allmählich zurückgebildet, hingegen Bart und Kopfhaar auf eine höhere Stufe der Vollendung gehoben. Ausserdem können jedoch auch klimatische Verhältnisse oder andere, uns unbekannte Anpassungen den Verlust des Haarkleides begünstigt haben.

Dafür, dass unser menschliches Haarkleid direct von den anthropoiden Affen geerbt ist, dafür legt nach DARWIN ein interessantes Zeugniss auch die Richtung der rudimentären Haare auf unseren Armen ab, welche sonst gar nicht erklärbar ist. Es sind nämlich sowohl am Oberarm als am Unterarm die Haare mit ihrer Spitze gegen den Ellbogen gerichtet. Hier stossen sie in einem stumpfen Winkel zusammen. Diese auffallende Anordnung findet sich ausser beim Menschen nur noch bei den anthropoiden Affen, beim Gorilla, Schimpanse, Orang und mehreren Gibbon-Arten. Bei anderen Gibbon-Arten sind die Haare sowohl am Unterarm als am Oberarm gegen die Hand hin gerichtet, wie bei den übrigen Säugethieren. Jene merkwürdige Eigenthümlichkeit der Anthropoiden und des Menschen ist nur allein durch die Annahme zu erklären, dass unsere gemeinsamen affenartigen Vorfahren sich gewöhnt hatten (wie es noch heute jene menschenähnlichen Affen gewöhnt sind!) beim Regen die Hände über dem Kopfe oder um einen Zweig über demselben zusammen zu legen. Die Richtung der Haare nach abwärts gegen den Ellbogen begünstigte in dieser Lage das Ablaufen des Regens. So erzählt uns noch heute die Richtung der Härchen an unserem Unterarm von jener nützlichen Gewohnheit unserer Affen-Ahnen.

Die vergleichende Anatomie und Ontogenie weist uns bei genauerer Untersuchung der Hautdecke und ihrer Anhänge noch eine ganze Anzahl von solchen wichtigen „Schöpfungs-Urkunden" nach,

welche die directe Vererbung derselben von der Hautdecke der Affen beweisen. Haut und Haar haben wir zunächst von den anthropoiden Affen geerbt, wie diese es von den niederen Affen und letztere wiederum von niederen Säugethieren durch Erbschaft überkommen haben. Dasselbe gilt nun aber auch von dem anderen hochwichtigen Organsystem, welches aus dem Hautsinnesblatte sich entwickelt: vom Nervensystem und den Sinnesorganen. Auch dieses höchstentwickelte Organ-System, welches die vollkommensten Lebens-Functionen, die Seelenthätigkeiten, vermittelt, haben wir zunächst von den Affen und weiterhin von niederen Säugethieren geerbt.

Das Nervensystem des Menschen, wie aller anderen Wirbelthiere, stellt in ausgebildetem Zustande einen höchst verwickelten Apparat dar, dessen anatomische Einrichtung und dessen physiologische Thätigkeit man im Allgemeinen mit derjenigen eines electrischen Telegraphen-Systems vergleichen kann. Als Hauptstation fungirt das Centralmark oder Central-Nervensystem, dessen zahllose „Ganglien-Zellen“ (Fig. 2, S. 100) durch verästelte Ausläufer sowohl unter einander als mit zahllosen feinsten Leitungsdrähten zusammenhängen. Letztere sind die peripherischen, überall verbreiteten „Nervenfasern“; sie stellen zusammen mit ihren Endapparaten, den Sinnesorganen u. s. w. das Leitungsmark oder das peripherische Nervensystem dar. Theils leiten sie als sensible Nervenfasern die Empfindungs-Eindrücke der Haut und der anderen Sinnesorgane zum Centralmark; theils überbringen sie als motorische Nervenfasern die Willensbefehle des letzteren den Muskeln.

Das Central-Nervensystem oder das Centralmark (*Medulla centralis*) ist das eigentliche Organ der Seelenthätigkeit im engeren Sinne. Mag man sich nun die innere Verbindung dieses Organes und seiner Functionen denken, wie man will, so steht jedenfalls so Viel fest, dass die eigenthümlichen Leistungen desselben, die wir als Empfinden, Wollen und Denken bezeichnen, beim Menschen wie bei allen höheren Thieren unabänderlich an die normale Entwickelung jenes materiellen Organs gebunden sind. Wir werden daher von vornherein auf die Entwickelungsgeschichte des letzteren besonders gespannt sein dürfen. Da diese uns allein die wichtigsten Aufschlüsse über die Natur unserer „Seele“ geben kann, wird sie unser höchstes Interesse beanspruchen. Denn wenn sich das Centralmark ganz ebenso beim menschlichen Embryo wie beim Embryo

aller anderen Säugethiere entwickelt, so kann auch die Abstammung des menschlichen Seelenorgans von demselben Centralorgan anderer Säugethiere und weiterhin niederer Wirbelthiere keinem Zweifel unterliegen. Niemand wird daher die ungeheure Tragweite gerade dieser Entwickelungs-Erscheinungen leugnen können.

Um diese richtig zu würdigen, müssen wir ein Paar Worte über die allgemeine Form und über die anatomische Zusammensetzung des entwickelten menschlichen Centralmarks vorausschicken. Dasselbe besteht, wie das Central-Nervensystem aller anderen Schädelthiere, aus zwei verschiedenen Hauptbestandtheilen: erstens aus dem Kopfmark oder Gehirn (*Medulla capitis* oder *Encephalon*) und zweitens aus dem Rückenmark (*Medulla spinalis*). Das erstere ist in dem knöchernen Schädel oder der „Hirnschale" eingeschlossen, das letztere in dem knöchernen „Wirbelcanal", der durch die Reihe der hinter einander gelegenen siegelringförmigen Wirbel gebildet wird. (Vergl. Tafel III, Fig. 16 *m*). Von dem Gehirn gehen zwölf Paar Kopfnerven ab, von dem Rückenmark 31 Paar Rückenmarksnerven für den übrigen Körper. Das Rückenmark erscheint für die grobe anatomische Betrachtung als ein

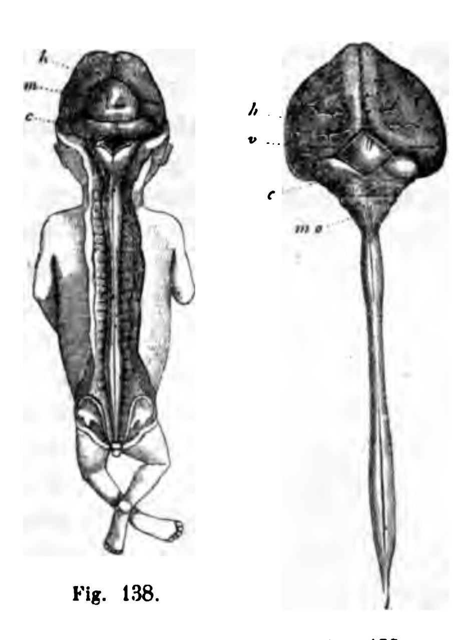


Fig. 138. Fig. 139.

Fig. 138. Menschlicher Embryo von drei Monaten, in natürlicher Grösse, von der Rückenseite, mit blossgelegtem Hirn und Rückenmark (nach KOELLIKER). *h* Halbkugeln des Grosshirns (Vorderhirn). *m* Vierhügel (Mittelhirn). *c* Kleinhirn (Hinterhirn); unter letzterem das dreieckige Nackenmark (Nachhirn).

Fig. 139. Centralmark eines menschlichen Embryo von vier Monaten, in natürlicher Grösse, von der Rückenseite (nach KOELLIKER). *h* grosse Halbkugeln. *v* Vierhügel. *c* Kleinhirn. *mo* Nackenmark; darunter das Rückenmark.

cylindrischer Strang, welcher sowohl oben in der Halsgegend (am letzten Halswirbel) als unten in der Lendengegend (am ersten Lendenwirbel) eine spindelförmige Anschwellung besitzt (Fig. 138, 139). An der Halsschwellung gehen die starken Nerven der oberen, an der Lendenschwellung diejenigen der unteren Gliedmaassen vom Rückenmark ab. Oben geht letzteres durch das Nackenmark (*Medulla oblongata*, Fig. 139 *mo*) in das Gehirn über. Das Rückenmark ist zwar anscheinend eine dichte Masse von Nervensubstanz; jedoch enthält es in seiner Axe einen sehr engen Canal, der oben in die weiteren Hirnhöhlen übergeht und gleich diesen mit klarer Flüssigkeit erfüllt ist.

Das Gehirn bildet eine ansehnliche, den grössten Theil der Schädelhöhle erfüllende Nervenmasse von höchst verwickeltem feinerem Bau, welche für die gröbere Betrachtung zunächst in zwei Hauptbestandtheile zerfällt: das grosse und kleine Gehirn (*Cerebrum* und *Cerebellum*). Das grosse Gehirn liegt mehr vorn und oben und zeigt an seiner Oberfläche die bekannten charakteristischen Windungen und Furchen (Fig. 140, 141). Auf der oberen Seite zerfällt dasselbe durch einen tiefen Längsschlitz in zwei Seitenhälften, die sogenannten „grossen Hemisphären", welche durch eine Querbrücke, den sogenannten Balken (*Corpus callosum*) verbunden sind. Durch einen tiefen Querspalt ist dieses grosse Gehirn (*Cerebrum*) von dem kleinen (*Cerebellum*) getrennt. Dies letztere liegt mehr hinten und unten, und zeigt an seiner Oberfläche ebenfalls zahlreiche, aber viel feinere und regel-

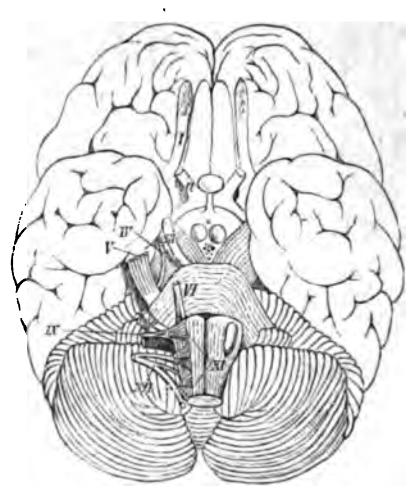


Fig. 140.

Fig. 140. Das menschliche Gehirn, von der unteren Seite betrachtet nach H. Meyer). Oben (vorn) ist das grosse Gehirn mit den weitläufigen verzweigten Furchen, unten (hinten) das kleine Gehirn mit den engen parallelen Furchen sichtbar. Die römischen Ziffern bezeichnen die Wurzeln der zwölf Hirnnerven-Paare in der Reihenfolge von vorn nach hinten.

mässigere Furchen, dazwischen gekrümmte Wülste (Fig. 140 unten). Auch das kleine Gehirn zerfällt durch einen Längseinschnitt in zwei Seitenhälften, die „kleinen Hemisphären“; diese hängen oben durch ein wurmförmiges Mittelstück, den sogenannten

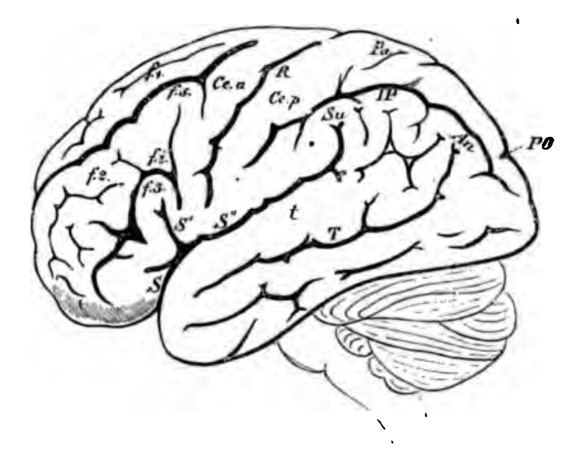


Fig. 141.

Hirnwurm (*Vermis*), unten durch eine Querbrücke (*Pons Varoli*) zusammen (Fig. 140 VI).

Die vergleichende Anatomie und Ontogenie lehrt uns nun aber, dass das Gehirn beim Menschen, wie bei allen anderen Schädelthieren, ursprünglich nicht aus zwei, sondern aus fünf verschiedenen, hinter einander gelegenen Hauptbestandtheilen zusammengesetzt ist. Diese treten, wie wir früher schon gelegentlich erwähnten, beim Embryo sämmtlicher Cranioten, von den Cyclostomen und Fischen bis zum Menschen hinauf, ursprünglich ganz in derselben Form auf, nämlich als fünf hinter einander gelegene Blasen. So gleich aber diese erste Anlage, so verschieden ist ihre spätere Ausbildung. Beim Menschen und bei allen höheren Säugethieren entwickelt sich die erste von diesen fünf Blasen, das Vorderhirn, so übermächtig, dass es im reifen Zustande dem Umfang und Gewicht nach den bei weitem grössten Theil des ganzen Gehirns bildet (Fig. 140, 141). Nicht allein die grossen Halbkugeln gehören dazu, sondern auch der mächtige Balken, welcher letztere als Querbrücke verbindet, ferner die Riechlappen, von denen die Geruchsnerven abgehen, sowie die mei-

Fig. 141. Das menschliche Gehirn, von der linken Seite betrachtet (nach H. MEYER). Die Furchen des grossen Gehirns sind durch dicke fette, die Furchen des kleinen Gehirns durch magere Linien bezeichnet. Unter letzterem ist das Nackenmark sichtbar. f_1—f_3 Stirnwindungen. *C* Centralwindungen. *S* Sylvische Spalte. *T* Schläfenspalte. *Pa* Scheitelläppchen. *An* Winkelläppchen. *Po* Hinterhauptspalte.

sten derjenigen Gebilde, welche sich innen an der Decke und am Boden der grossen Seitenhöhlen finden, die im Inneren der beiden Halbkugeln liegen, so namentlich die grossen Streifenkörper. Hingegen gehören die nach innen zwischen letzteren gelegenen beiden Sehhügel schon zu der zweiten Hauptabtheilung, die sich aus dem Zwischenhirn entwickelt; eben dahin gehören die unpaare dritte Hirnhöhle und die Gebilde, welche als Trichter, grauer Hügel und Zirbel bezeichnet werden. Hinter diesen Theilen finden wir mitten zwischen Grosshirn und Kleinhirn versteckt einen kleinen, aus zwei Paar Höckern zusammengesetzten Knoten, den man wegen einer oberflächlichen, letztere trennenden Kreuzfurche den Vierhügel genannt hat (Fig. 138 *m*, Fig. 139 *v*). Obgleich dieser kleine Vierhügel beim Menschen und den höheren Säugethieren nur sehr unbedeutend ist, bildet er doch einen besonderen dritten Hauptabschnitt, der bei niederen Wirbelthieren umgekehrt vorzugsweise entwickelt ist; das Mittelhirn. Als vierte Hauptabtheilung folgt darauf das Hinterhirn oder das „kleine Gehirn“ (*Cerebellum*) im engeren Sinne, mit dem unpaaren mittleren Theile, dem „Wurm“, und den paarigen Seitentheilen, den „kleinen Halbkugeln“ (Fig. 138 *c*, 139 *c*). Endlich folgt auf diese als fünfter und letzter Hauptabschnitt das Nackenmark oder das „verlängerte Mark“ (*Medulla oblongata*, Fig. 139 *mo*), welches die unpaare vierte Hirnhöhle und die benachbarten Theile (Pyramiden, Oliven, Strangkörper) enthält. Dieses Nackenmark geht unten unmittelbar in das Rückenmark über. Der enge Centralcanal des Rückenmarks setzt sich oben in die rautenförmig erweiterte vierte Hirnhöhle des Nackenmarks fort, deren Boden die Rautengrube bildet. Von da führt ein enger Gang, die sogenannte „Sylvische Wasserleitung“, durch den Vierhügel hindurch zur dritten Hirnhöhle, die zwischen beiden Seehügeln liegt, und diese steht wieder mit den beiden paarigen Seitenhöhlen (der ersten und zweiten Hirnhöhle) in Verbindung, welche rechts und links in den grossen Halbkugeln liegen. So stehen also alle Hohlräume des Centralmarks in unmittelbarer Verbindung. Im Einzelnen haben alle die genannten Theile des Gehirns eine unendlich verwickelte feinere Structur, auf welche wir hier gar nicht eingehen können und deren Betrachtung für unsere Zwecke hier von untergeordnetem Interesse ist. Nur deshalb ist diese bewunderungswürdige Structur des Gehirns, wie sie sich nur bei dem Menschen und den höheren Wirbelthieren

findet, von der grössten Bedeutung, weil dieses zusammengesetzte Seelenorgan sich bei sämmtlichen Schädelthieren aus der nämlichen einfachen Grundlage entwickelt, nämlich aus den früher schon gelegentlich erwähnten fünf Hirnblasen (vergl. Taf. IV und V).

Lassen Sie uns nun, ehe wir die individuelle Entwickelung des complicirten Gehirnbaues aus dieser einfachen Blasenreihe in's Auge fassen, zum besseren Verständniss noch einen vergleichenden Seitenblick auf die niederen Thiere werfen, welche kein solches Gehirn besitzen. Da treffen wir schon bei den schädellosen Wirbelthieren, beim Amphioxus, wie Sie bereits wissen, gar kein eigentliches Gehirn an. Das ganze Centralmark bildet hier bloss einen einfachen cylindrischen Strang, welcher der Länge nach durch den Körper hindurchgeht und vorn fast ebenso einfach endet wie hinten: ein einfaches Medullarrohr (Taf. VIII, Fig. 15 *m*). Dasselbe einfache Markrohr trafen wir aber bereits in der ersten Anlage bei der Ascidien-Larve an (Taf. VII, Fig. 5 *m*), und zwar in derselben charakteristischen Lage, oberhalb der Chorda. Bei genauerer Betrachtung fanden wir sogar schon in diesen beiden, nahe verwandten Thieren eine kleine blasenförmige Anschwellung am vorderen Ende des Markrohr vor: die erste Andeutung einer Sonderung des Markrohrs in Gehirn (m_1) und Rückenmark (m_2). Wenn wir nun aber anderseits die unleugbare Verwandtschaft der Ascidien mit den übrigen Würmern in Betracht ziehen, so ergiebt sich klar, dass das einfache Centralmark der ersteren dem einfachen Nervenknoten gleichbedeutend ist, welcher bei den niederen Würmern über dem Schlunde liegt und deshalb seit langer Zeit den Namen „Oberschlundknoten" (*Ganglion pharyngeum superius*) oder kurz Schlundmark führt. Bei den Strudelwürmern (Fig. 110, S. 406) besteht das ganze Nervensystem nur aus diesem einfachen Knotenpaar, welches auf der Rückenseite des Körpers liegt und von welchem Nervenfäden an die verschiedenen Körpertheile ausstrahlen. Offenbar ist dieses Schlundmark der niederen Würmer die einfache Grundlage, aus der sich das complicirtere Centralmark der höheren Thiere entwickelt hat. Durch Verlängerung des oberen Schlundknotens auf der Rückenseite ist das Markrohr entstanden, welches ausschliesslich den Wirbelthieren und dem Jugendzustande der Ascidien eigenthümlich ist. Hingegen hat sich bei allen übrigen Thieren das Central-Nervensystem in ganz anderer Weise

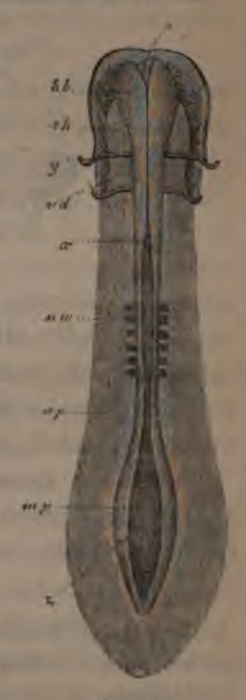
aus dem oberen Schlundknoten entwickelt; insbesondere ist bei den Gliederthieren daraus ein Schlundring mit Bauchmark entstanden; ebenso bei den gegliederten Ringelwürmern und bei den Sternthieren, die von diesen abgeleitet werden müssen. Auch die Weichthiere haben einen Schlundring, während dieser den Wirbelthieren durchaus fehlt. Bei den Wirbelthieren allein hat eine Fortentwickelung des Centralmarks auf der Rückenseite, bei allen übrigen genannten Thieren hingegen gerade umgekehrt auf der Bauchseite des Körpers stattgefunden [112]).

Steigen wir nun noch tiefer unter die Würmer hinab, so treffen wir auf zahlreiche Thiere, die überhaupt noch kein Nervensystem besitzen, wo vielmehr die Functionen desselben einfach durch die äussere Hautdecke, durch die Zellen des Hautblattes oder Exoderms mit vollzogen werden. Das ist der Fall bei vielen niederen Pflanzenthieren, so namentlich bei allen Schwämmen oder Spongien, ferner bei unserem gemeinen Süsswasser-Polypen, der Hydra. Dasselbe war aber auch sicher bei allen ausgestorbenen Gastraeaden der Fall (S. 392). Gleicherweise fehlt das Nervensystem natürlich sämmtlichen Urthieren, da diese es noch nicht einmal zur Keimblattbildung bringen.

Fassen wir nun aber die individuelle Entwickelung des Nervensystems beim menschlichen Embryo in's Auge, so haben wir vor Allem von der hochwichtigen, Ihnen bereits bekannten Thatsache auszugehen, dass die erste Anlage desselben durch das einfache Markrohr gebildet wird, welches in der Mittellinie des sohlenförmigen Urkeims sich von dem äussersten Keimblatte abschnürt. Wie Sie sich erinnern werden, entsteht zuerst in der Mitte der sohlenförmigen Keimscheibe die geradlinige Primitivrinne der Rückenfurche (Fig. 40—42, S. 198—200). Beiderseits derselben wölben sich die beiden parallelen Rückenwülste oder Markwülste empor (Fig. 45, 46, S. 202—204). Diese krümmen sich mit ihren freien oberen Rändern gegen einander und verwachsen dann zu dem geschlossenen Markrohr (Fig. 47, S. 205; Taf. II, Fig. 3, S. 219). Anfangs liegt dieses Medullarrohr unmittelbar unter der Hornplatte, von der es sich abgeschnürt hat; später aber kommt es ganz nach innen zu liegen, indem von rechts und links her die oberen Ränder der Urwirbelplatten zwischen Hornplatte und Markrohr hineinwachsen, sich über letzterem vereinigen und so das letztere in einen völlig ge-

schlossenen Canal, den Wirbelcanal, betten (Fig. 48, S. 208; Taf. II, Fig. 4—6, 8 *m*). Wie GEGENBAUR sehr treffend bemerkt, „muss diese allmählich erfolgende Einbettung in das Innere des Körpers hierbei als ein mit der fortschreitenden Differenzirung und der damit erlangten höheren Potenzirung e r w o r b e n e r Vorgang gelten, durch den das für den Organismus w e r t h v o l l e r e Organ in das I n n e r e des ersteren geborgen wird."

Jedem denkenden und unbefangenen Menschen muss es jedenfalls als eine höchst wichtige und folgenschwere Thatsache erscheinen, dass unser Seelenorgan gleich demjenigen aller anderen Schädelthiere auf ganz dieselbe Weise und in ganz derselben einfachsten Form angelegt wird, in welcher dasselbe beim niedersten Wirbelthiere, beim Amphioxus, zeitlebens verharrt (S. 301, 327; Taf. VII, Fig, 11 *m*, 13 *m*; Taf. VIII, Fig. 15 *m*). Schon bei den Cyclostomen, also eine Stufe über den Acraniern, beginnt frühzeitig das vorderste Ende des cylindrischen Markrohres sich in Gestalt einer birnförmigen Blase aufzublähen, und das ist die erste deutliche Anlage eines Gehirns (Taf. VIII, Fig. 16 m_1). Damit sondert sich das C e n t r a l m a r k der Wirbelthiere zuerst deutlich in seine beiden Hauptabschnitte, G e h i r n (m_1) und R ü c k e n m a r k (m_2). Schon beim Amphioxus (S. 301), vielleicht schon gar bei der Ascidien-Larve (Taf. VII, Fig. 5) ist die erste schwache Andeutung dieser wichtigen Sonderung zu bemerken.



Die e i n f a c h e B l a s e n f o r m d e s G e h i r n s, welche bei den Cyclostomen ziemlich lange bestehen bleibt, tritt auch bei allen höheren Wirbelthieren zuerst auf (Fig. 142 *hb*). Sie geht aber hier sehr rasch vorüber, indem die einfache Hirnblase durch quere Einschnürungen in mehrere hinter einander liegende Abschnitte

Fig. 142. H ü h n e r - E m b r y o vom Ende des ersten Brütetages, von der Rückenseite (nach REMAK). *hb* die einfache birnförmige Hirnblase, die bei *o* noch offen ist. Auch das Rückenmark (*mp*) ist von *x* an noch offen und bei *z* stark erweitert. *uw* Urwirbel. *sp* Seitenplatten. *vd* Vorderdarm. *sh* Schlundhöhle.

zerfällt. Zuerst entstehen zwei solche Einschnürungen und das Gehirn bildet demnach drei hinter einander gelegene Blasen (Fig. 143). Dann zerfällt die erste und die dritte von diesen drei primitiven Blasen abermals durch eine quere Einschnürung in je zwei Stücke, und so kommen **fünf** hinter einander gelegene blasenförmige Abschnitte zu Stande (Fig. 144; vergl. ferner Taf. III, Fig. 13—16, Taf. IV und V, zweite Querreihe). Diese fünf fundamentalen Hirnblasen, die beim Embryo aller Schädelthiere in gleicher Gestalt wieder kehren, hat zuerst BAER klar erkannt, richtig gewürdigt und ihrer relativen Lagerung entsprechend mit sehr passenden und heute noch allgemein gültigen Namen bezeichnet: I. Vorderhirn (*v*), II. Zwischenhirn (*z*), III. Mittelhirn (*m*), IV. Hinterhirn (*h*), und V. Nachhirn (*n*).



Fig. 143.



Fig. 144.

Bei allen Cranioten, von den Cyclostomen bis zum Menschen aufwärts, entwickeln sich aus diesen fünf ursprünglichen Hirnblasen dieselben Theile, wenngleich in höchst verschiedener Ausbildung.

Fig. 143. Kaninchen-Embryo mit acht Urwirbeln, vom Fruchthof umgeben. *a* Kopfscheide des Amnion. *b* erste Hirnblase (mit den Augenblasen, *c*). *d* zweite und *e* dritte primitive Hirnblase. (BISCHOFF.)

Fig. 144. Centralmark des menschlichen Embryo aus der siebenten Woche, von 2 Cm Länge (nach KOELLIKER). 1. Ansicht des ganzen Embryo von der Rückenseite, mit blossgelegtem Gehirn und Rückenmark. 2. Das Gehirn nebst dem obersten Theil des Rückenmarks, von der linken Seite. 3. Das Gehirn von oben. *v* Vorderhirn. *z* Zwischenhirn. *m* Mittelhirn. *h* Hinterhirn. *n* Nachhirn.

Die erste Blase, das Vorderhirn (*Protopsyche, v*), bildet den weitaus grössten Theil des sogenannten „grossen Gehirns", namentlich die beiden grossen Halbkugeln, die Riechlappen, die Streifenhügel und den Balken, nebst dem Gewölbe. Aus der zweiten Blase, dem Zwischenhirn (*Deutopsyche, z*), entstehen vor Allem die Sehhügel und die übrigen Theile, welche die sogenannte „dritte Hirnhöhle" umgeben, ferner Trichter, Zirbel u. s. w. Die dritte Blase, das Mittelhirn (*Mesopsyche, m*), liefert die kleine Vierhügelgruppe nebst der Sylvischen Wasserleitung. Aus der vierten Blase, dem Hinterhirn (*Metapsyche, h*), entwickelt sich der grösste Theil des sogenannten „kleinen Gehirn", nämlich der mittlere „Wurm" und die beiden seitlichen „kleinen Halbkugeln". Die fünfte Blase endlich, das Nachhirn (*Epipsyche, n*), gestaltet sich zum Nackenmark oder dem „verlängerten Mark" (*Medulla oblongata*), nebst der Rautengrube, den Pyramiden, Oliven u. s. w..

Sicher dürfen wir es als eine vergleichend-anatomische und ontogenetische Thatsache von der allergrössten Bedeutung bezeichnen, dass bei allen Schädelthieren, von den niedersten Cyclostomen und Fischen an bis zu den Affen und zum Menschen hinauf, ganz in derselben Weise das Gehirn ursprünglich beim Embryo sich anlegt. Ueberall bildet eine einfache blasenförmige Auftreibung am vorderen Ende des Markrohrs die erste Anlage des Gehirns. Ueberall entstehen aus dieser einfachen blasenförmigen Auftreibung jene fünf Blasen, und überall entwickelt sich aus jenen fünf primitiven Hirnblasen das bleibende Gehirn mit allen seinen verwickelten anatomischen Einrichtungen, die bei den verschiedenen Wirbelthier-Klassen später so ausserordentlich verschieden erscheinen. Wenn Sie ein reifes Gehirn von einem Fische, einem Amphibium, einem Reptil, einem Vogel und einem Säugethier vergleichen, so werden Sie kaum begreifen, wie man die einzelnen Theile dieser innerlich und äusserlich höchst verschiedenartigen Bildungen auf einander zurückzuführen im Stande sein soll. Und dennoch sind alle diese verschiedenen Cranioten-Gehirne aus ganz derselben Grundform hervorgegangen; sie haben sich alle aus jenen fünf primitiven Hirnblasen entwickelt. Wir brauchen bloss die entsprechenden Entwickelungszustände von Embryonen dieser verschiedenen Thierklassen neben einander zu stellen, um uns von dieser fundamentalen Thatsache zu überzeugen. (Vergl. Fig. 145—148 und Taf. IV und V, zweite Querreihe.)



Fig. 145.

Die eingehende Vergleichung der entsprechenden Entwickelungsstufen des Gehirns bei den verschiedenen Schädelthieren ist höchst lehrreich. Verfolgen wir dieselben durch die ganze Reihe der Cranioten-Klassen hindurch, so überzeugen wir uns bald von folgenden höchst interessanten Thatsachen: Bei den Cyclostomen (den Myxinoiden und Petromyzonten), die wir als die niedersten und ältesten Schädelthiere kennen gelernt haben, erhält sich das ganze Gehirn zeitlebens auf einer sehr tiefen und ursprünglichen Bildungsstufe, die bei den Embryonen der übrigen Cranioten rasch vorübergeht; jene fünf ursprünglichen Hirn-Abschnitte bleiben dort in wenig veränderter Form sichtbar. Bei den Fischen tritt aber schon eine wesentliche und beträchtliche Umbildung der fünf Blasen ein, und zwar ist es offenbar das Gehirn der Urfische oder Selachier (Fig. 146), von welchen einerseits das Gehirn der übrigen Fische, anderseits das Gehirn der Amphibien und weiterhin der höheren Wirbelthiere abgeleitet werden muss. Bei den Fischen und Amphibien (Fig. 147) entwickelt sich besonders mächtig der mittlere Theil, das Mittelhirn, und auch der fünfte Abschnitt, das Nachhirn, während der erste, zweite und vierte Abschnitt stark zurückbleiben. Bei den höheren Wirbelthieren verhält es sich gerade umgekehrt, hier entwickelt sich ausserordentlich stark der erste und der vierte

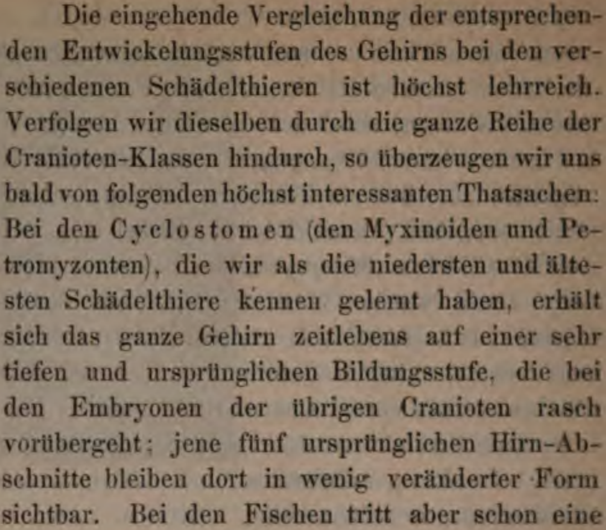
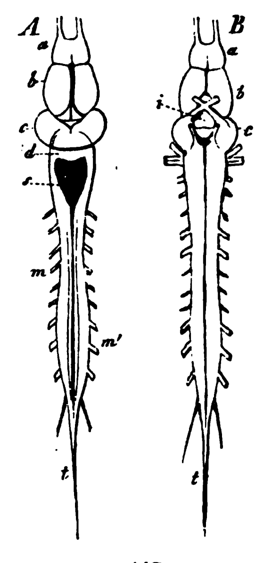


Fig. 146.

Fig. 145. Gehirn von drei Schädelthier-Embryonen im senkrechten Längsschnitte: *A* von einem Haifisch (*Heptanchus*), *B* von einer Schlange (*Coluber*), *C* von einer Ziege (*Capra*). *a* Vorderhirn. *b* Zwischenhirn. *c* Mittelhirn. *d* Hinterhirn. *e* Nachhirn. *s* Primitiver Hirnschlitz. (Von der rechten Seite; nach GEGENBAUR.)

Fig. 146. Gehirn eines Haifisches (*Scyllium*) von der Rückenseite. *g* Vorderhirn. *h* Riechlappen des Vorderhirns, welche die mächtigen Geruchsnerven zu den grossen Nasenkapseln (*o*) senden. *d* Zwischenhirn. *b* Mittelhirn; dahinter die unbedeutende Anlage des Hinterhirns. *a* Nachhirn. (Nach BUSCH.)



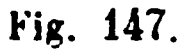


Fig. 147.



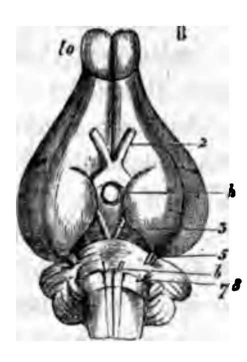


Fig. 148.

Abschnitt, das Vorderhirn und das Hinterhirn; hingegen bleibt das Mittelhirn nur sehr klein und ebenso tritt auch das Nachhirn sehr zurück. Die Vierhügel werden von dem Grosshirn und ebenso das Nackenmark von dem Kleinhirn grösstentheils bedeckt. Aber auch unter den höheren Wirbelthieren selbst finden sich wieder zahlreiche Abstufungen in der Hirnbildung. Von den Amphibien an aufwärts entwickelt sich das Gehirn und mithin auch das Seelenleben in zwei verschiedenen Richtungen, von denen die eine durch die Reptilien und Vögel, die andere durch die Säugethiere verfolgt wird. Für diese letzteren ist namentlich die ganz eigenthümliche Entwickelung des ersten Abschnittes, des Vorderhirns, charakteristisch. Nur bei den Säugethieren (Fig. 148) entwickelt sich nämlich dieses „grosse

---

Fig. 147. Gehirn und Rückenmark des Frosches. *A* von der Rückenseite. *B* von der Bauchseite. *a* Riechlappen vor dem *b* Vorderhirn. *i* Trichter an der Basis des Zwischenhirns. *c* Mittelhirn. *d* Hinterhirn. *s* Rautengrube im Nachhirn. *m* Rückenmark (beim Frosche sehr kurz). *m'* abgehende Wurzeln der Rückenmarksnerven. *t* Endfaden des Rückenmarks. (Nach Gegenbaur.)

Fig. 148. Gehirn des Kaninchens. *A* von der Rückenseite. *B* von der Bauchseite. *lo* Riechlappen. I Vorderhirn. *h* Hypophysis an der Basis des Zwischenhirns. III Mittelhirn. IV Hinterhirn. V Nachhirn. 2 Sehnerv. 3 Augenbewegungsnerv. 5—8 der fünfte bis achte Hirnnerv. Bei *A* ist das Dach der rechten grossen Halbkugel (I) entfernt, so dass man in der Seitenhöhle derselben den Streifenhügel erblickt. (Nach Gegenbaur.)

Gehirn" in einem solchen Maasse, dass dasselbe nachher alle übrigen Gehirntheile von oben her bedeckt und gewissermaassen nach aussen abschliesst.

Auch die relative Lage der Hirnblase bietet bemerkenswerthe Verschiedenheiten dar. Bei den niederen Schädelthieren liegen die fünf Hirnblasen ursprünglich fast in einer Ebene hinter einander. Wenn wir das Gehirn in der Seitenansicht betrachten, können wir alle fünf Blasen mit einer geraden Linie schneiden. Aber bei den drei höheren Wirbelthier-Klassen, den Amnioten, tritt zugleich mit der Ihnen bekannten Kopf- und Nackenkrümmung des ganzen Körpers auch eine beträchtliche Krümmung der Gehirnanlage ein, und zwar in der Weise, dass die ganze obere Rückenfläche des Gehirns viel stärker wächst, als die untere Bauchfläche. In Folge dessen entsteht eine solche Krümmung, dass später die Lage der Theile folgende ist. Das Vorderhirn liegt ganz vorn unten, das Zwischenhirn etwas höher darüber, und das Mittelhirn liegt am höchsten von Allen und springt am meisten hervor; das Hinterhirn liegt wieder tiefer und das Nachhirn hinten noch tiefer unten. So verhält es sich nur bei den drei Amniotenklassen, den Reptilien, Vögeln und Säugethieren. (Vergl. Taf. I, IV und V.)

Während so in den allgemeinen Wachsthums-Verhältnissen des Gehirns die Säugethiere noch vielfach mit den Vögeln und Reptilien übereinstimmen, bilden sich doch bald auffallende Differenzen zwischen Beiden aus. Bei den Vögeln und Reptilien (Taf. IV, Fig. *H* und *T*) entwickelt sich ziemlich stark das Mittelhirn (*m*) und der mittlere Theil des Hinterhirns. Bei den Säugethieren hingegen bleiben diese Theile zurück, und dafür beginnt hier das Vorderhirn so stark zu wachsen, dass es sich von vorn und oben her über die anderen Blasen herüberlegt. Indem dasselbe immer weiter nach hinten wächst, bedeckt es endlich das ganze übrige Gehirn von oben her und schliesst die mittleren Theile desselben auch von den Seiten her zwischen sich ein. Dieser Vorgang ist deshalb von der grössten Bedeutung, weil gerade dieses Vorderhirn das Organ der höheren Seelenthätigkeiten ist, weil gerade hier diejenigen Functionen der Nervenzellen sich vollziehen, deren Summe man gewöhnlich als Seele oder auch als „Geist" im engeren Sinne bezeichnet. Die höchsten Leistungen des Thierleibes: das Bewusstsein mit seinen wunderbaren Aeusserungen, das Denken mit seinen herrlichen Bewegungs-

Erscheinungen, haben im Vorderhirn ihren Sitz. Man kann einem Säugethiere, ohne es zu tödten, die grossen Hemisphären Stück für Stück wegnehmen, und man überzeugt sich, wie dadurch die höheren Geistesthätigkeiten: Bewusstsein und Denken, bewusstes Wollen und Empfinden, Stück für Stück zerstört und endlich ganz vernichtet werden. Wenn man das Thier dabei künstlich ernährt, kann man es noch lange Zeit am Leben erhalten, da durch jene Zerstörung der wichtigsten Seelenorgane die Ernährung des ganzen Körpers, die Verdauung, Athmung, Blutcirculation, Harnabscheidung, kurz die vegetativen Functionen keineswegs vernichtet werden. Nur die bewusste Empfindung und die willkürliche Bewegung, die Denkthätigkeit und die Combination verschiedener höherer Seelenthätigkeiten ist abhanden gekommen.

Nun erreicht aber das Vorderhirn, das die Quelle aller dieser wunderbarsten Nerventhätigkeiten ist, nur bei den höheren Placentalthieren jenen hohen Grad der Ausbildung, und daraus erklärt sich ganz einfach, warum die höheren Säugethiere in intellectueller Beziehung so weit die niederen überflügeln. Während die „Seele“ oder der „Geist“ der niederen Placentalthiere sich nicht über diejenigen der Vögel und Reptilien erhebt, finden wir unter den höheren Placentalien eine ununterbrochene Stufenleiter bis zu den Affen und Menschen hinauf. Dem entsprechend zeigt uns auch ihr Vorderhirn erstaunliche Verschiedenheiten in dem Grade der Ausbildung. Bei den niederen Säugethieren ist die Oberfläche der grossen Hemisphären (des wichtigsten Theils!) ganz glatt und eben. Auch bleibt das Vorderhirn so klein, dass es nicht einmal das Mittelhirn von oben her bedeckt (Fig. 148). Eine Stufe höher wird zwar dieses letztere von dem überwuchernden Vorderhirn ganz zugedeckt; aber das Hinterhirn bleibt noch frei und unbedeckt. Endlich legt sich das erstere auch über das letztere hinüber, bei den Affen und Menschen. Eine gleiche allmähliche Stufenleiter können wir auch in der Entwickelung der eigenthümlichen Furchen und Wülste verfolgen, welche an der Oberfläche des grossen Gehirns der höheren Säugethiere so charakteristisch hervortreten (Fig. 140, 141). Wenn man bezüglich dieser Windungen und Furchen die Gehirne der verschiedenen Säugethiergruppen vergleicht, so findet man, dass ihre stufenweise Ausbildung vollkommen gleichen Schritt hält mit der Entwickelung der höheren Seelenthätigkeiten. In neuester Zeit hat man diesem speciellen Zweig der

Gehirn-Anatomie grosse Aufmerksamkeit gewidmet und sogar innerhalb des Menschengeschlechts höchst auffallende individuelle Unterschiede nachgewiesen. Bei allen menschlichen Individuen, welche sich durch besondere Begabung und hohen Verstand auszeichnen, zeigen diese Wülste und Furchen an der Oberfläche der grossen Hemisphären eine viel bedeutendere Entwickelung, als bei dem gewöhnlichen Durchschnittsmenschen; und bei diesem wieder eine höhere Ausbildung als bei Cretinen und anderen, ungewöhnlich geistesarmen Individuen. Auch im inneren Bau des Vorderhirns zeigen sich unter den Säugethieren gleiche Abstufungen. Namentlich ist der grosse Balken, die Querbrücke zwischen den beiden grossen Halbkugeln, nur bei den Placentalthieren entwickelt. Andere Einrichtungen, z. B. in dem Bau der Seitenhöhlen, welche dem Menschen als solchem zunächst eigenthümlich erscheinen, finden sich nur bei den höheren Affenarten wieder. Man hat eine Zeit lang geglaubt, dass der Mensch ganz besondere Organe in seinem grossen Gehirn besitze, welche allen übrigen Thieren fehlen. Allein die genaueste Vergleichung hat nachgewiesen, dass dies nicht der Fall ist, dass vielmehr die charakteristischen Eigenschaften des Menschen-Gehirns bereits bei den niederen Affen angelegt und bei den höheren Affen mehr oder weniger entwickelt sind. Huxley hat in seinen mehrfach angeführten wichtigen „Zeugnissen für die Stellung des Menschen in der Natur" (1863) überzeugend nachgewiesen, dass innerhalb der Affenreihe die Unterschiede in der Bildung des ganzen Gehirns (und insbesondere der wichtigsten Theile des grossen Gehirns) eine grössere Kluft zwischen den niederen und höheren Affen, als zwischen den höheren Affen und dem Menschen bedingen. Allerdings hat dieser Satz auch für alle übrigen Körpertheile Geltung. Allein seine Gültigkeit für das Centralmark ist von ganz besonderer Bedeutung. Diese tritt erst dann in ihr volles Licht, wenn man jene morphologischen Thatsachen mit den entsprechenden physiologischen Erscheinungen zusammenstellt, wenn man bedenkt, dass jede Seelenthätigkeit zu ihrer vollen und normalen Ausübung den vollen und normalen Bestand der entsprechenden Gehirnstructur erfordert. Die höchst entwickelten und vollkommensten Bewegungs-Erscheinungen im Innern der Nervenzellen, die wir in dem einen Worte „Seelenleben" zusammenfassen, können ohne ihre Organe beim Wirbelthiere, und also auch beim Menschen ebenso wenig existiren, als der Blutkreislauf ohne Herz

und Blut. Da aber das Centralmark des Menschen sich aus demselben Markrohr wie das der übrigen Wirbelthiere entwickelt hat, so muss auch sein Seelenleben denselben Ursprung haben.

Dasselbe gilt natürlich auch für das Leitungsmark oder für das sogenannte „peripherische Nervensystem“, auf dessen Entwickelungsgeschichte wir schliesslich noch einen flüchtigen Blick werfen wollen. Dasselbe besteht aus den sensiblen Nervenfasern, welche in centripetaler Richtung die Empfindungs-Eindrücke von der Haut und von den Sinnesorganen zum Centralmark leiten; und aus den motorischen Nervenfasern, welche umgekehrt in centrifugaler Richtung die Willensbewegungen vom Centralmark zu den Muskeln hinleiten. Zum allergrössten Theile entstehen diese peripherischen Leitungsnerven aus dem Hautfaserblatte, durch eigenthümliche locale Differenzirung von Zellenreihen in den betreffenden Organen. So haben wir früher gelegentlich bei der Ontogenie der Wirbelsäule bemerkt, dass die beiden Wurzeln jedes Rückenmarksnerven (die hintere gangliöse, sensible [Fig. 53 *g*] und die vordere ganglienlose, motorische (Fig. 53 *e*)) sich an Ort und Stelle aus einem Theile der Urwirbel zwischen je zwei Wirbelbogen bilden. (Vergl. Fig. 53, S. 215, ferner S. 244 und 250.) Ebenso bilden sich an Ort und Stelle die motorischen Muskelnerven im Fleische aus Zellen der Muskelplatte, die sensiblen Hautnerven in der Lederhaut aus Zellen der Lederplatte u. s. w. Einen abweichenden Ursprung haben die beiden ersten Gehirnnerven. Von diesen wächst der erste, der Geruchsnerv, unmittelbar aus den Riechlappen des Vorderhirns heraus, in die Nase hinein (Fig. 140 I: 146 *h*). Ebenso wächst der zweite, der Sehnerv, direct aus dem Zwischenhirn heraus und bildet die primitive Augenblase (Fig. 140 II; 148, 2). Einen ganz abweichenden Ursprung hat wahrscheinlich der grösste Theil des Darmmarks oder des sogenannten sympathischen Nervensystems, welches den Darm und andere Eingeweide versorgt. Dieses scheint zum überwiegend grössten Theile aus dem Darmfaserblatte zu entstehen[113].

Denselben Ursprung, wie der grösste Theil des Leitungsmarkes, besitzen auch die häutigen Hüllen des Centralmarkes: die innere Markhülle (Pia mater), die mittlere Markhülle (Meninx arachnoides) und die äussere Markhülle (Dura mater). Alle diese Theile entwickeln sich aus dem Hautfaserblatte[114].

Einundzwanzigste Tabelle.

Uebersicht über die wichtigsten Perioden in der Stammesgeschichte der menschlichen Hautdecke.

I. Erste Periode: **Gastraeaden-Haut.**

Die gesammte Hautdecke (mit Inbegriff des davon noch nicht gesonderten Nervensystems) besteht aus einer einzigen einfachen Schicht von flimmernden Zellen (Exoderm oder primäres Hautblatt); wie noch heutzutage bei der Gastrula des Amphioxus.

II. Zweite Periode: **Urwürmer-Haut.**

Das einfache Exoderm der Gastraeaden ist verdickt und in zwei verschiedene Schichten oder secundäre Keimblätter gespalten: Hautsinnesblatt (Anlage der Hornplatte und des Nervensystems) und Hautfaserblatt (Anlage der Lederhaut, der Muskelplatte und der Skeletplatte). (Die Haut ist potentiell Decke und Seele zugleich.)

III. Dritte Periode: **Chordonier-Haut.**

Das Hautsinnesblatt hat sich in Hornplatte (Epidermis) und davon abgeschnürtes Centralmark (oberer Schlundknoten) gesondert; letzteres verlängert sich in ein Markrohr. Das Hautfaserblatt hat sich in Lederplatte (Corium) und darunter gelegenen „Hautmuskelschlauch" (wie bei allen Würmern) differenzirt.

IV. Vierte Periode: **Acranier-Haut.**

Die Hornplatte bildet noch eine einfache Epidermis. Die Lederplatte hat sich vollständig von der Muskelplatte und von der Skeletplatte gesondert.

V. Fünfte Periode: **Cyclostomen-Haut.**

Die Oberhaut bleibt ein einfaches, weiches, schleimiges Zellenlager, bildet aber einzellige Drüsen (Becherzellen). Die Lederhaut (Corium) sondert sich in Cutis und Subcutis.

VI. Sechste Periode: **Urfisch-Haut.**

Die Oberhaut bleibt einfach. Die Lederhaut bildet placoide Schuppen oder Knochentäfelchen, wie bei den Selachiern.

VII. Siebente Periode: **Amphibien-Haut.**

Die Oberhaut sondert sich in äussere Hornschicht und innere Schleimschicht. Die Zehenspitzen bedecken sich mit Hornscheiden (erste Anlage der Krallen oder Nägel).

VIII. Achte Periode: **Säugethier-Haut.**

Die Oberhaut bildet die nur den Säugethieren eigenthümlichen Anhänge: Haare, Talgdrüsen, Schweissdrüsen und Milchdrüsen.

Zweiundzwanzigste Tabelle.

Uebersicht über die wichtigsten Perioden in der Stammesgeschichte des menschlichen Nerven-Systems.

I. Erste Periode: **Gastraeaden-Mark.**

Das Nervensystem ist noch nicht von der Hautdecke gesondert und wird mit dieser zusammen durch die einfache Zellenschicht des Exoderms oder primären Hautblattes dargestellt: wie noch heutzutage bei der Gastrula des Amphioxus.

II. Zweite Periode: **Würmer-Mark.**

Das Central-Nervensystem ist anfänglich noch ein Theil des Hautsinnesblattes, und besteht später aus einem Schlundmark, einem einfachen, oberhalb des Schlundes gelegenen Nervenknoten (wie noch heute bei den niederen Würmern: Oberer Schlundknoten).

III. Dritte Periode: **Chordonier-Mark.**

Das Central-Nervensystem besteht aus einem einfachen Markrohr, einer Verlängerung des oberen Schlundknotens, welche vom Darme durch einen Axenstab (Chorda dorsalis) getrennt ist.

IV. Vierte Periode: **Acranier-Mark.**

Das einfache Markrohr sondert sich in zwei Theile: ein Kopfmark und ein Rückenmark. Das Kopfmark erscheint als eine kleine birnförmige einfache Anschwellung (erste Anlage des Gehirns) am vorderen Ende des langen cylindrischen Rückenmarks.

V. Fünfte Periode: **Cyclostomen-Mark.**

Die einfache blasenförmige Anlage des Gehirns zerfällt in fünf hinter einander liegende Hirnblasen von einfacher Structur.

VI. Sechste Periode: **Urfisch-Mark.**

Die fünf Hirnblasen differenziren sich in ähnlicher Form, wie sie noch heute bei den Selachiern bleibend besteht.

VII. Siebente Periode: **Amphibien-Mark.**

Die Sonderung der fünf Hirnblasen schreitet zu derjenigen Bildung fort, welche noch heute den Charakter des Amphibien-Hirns bedingt.

VIII. Achte Periode: **Säugethier-Mark.**

Das Gehirn erlangt die charakteristischen Eigenthümlichkeiten, welche die Säugethiere auszeichnen. Als untergeordnete Entwickelungsstufen können hier unterschieden werden: 1) Monotremen-Gehirn, 2) Marsupialien-Gehirn, 3) Halbaffen-Gehirn, 4) Affen-Gehirn, 5) Menschenaffen-Gehirn, 6) Affenmenschen-Gehirn und 7) Menschen-Gehirn.

Dreiundzwanzigste Tabelle.

Uebersicht über die Entwickelung der Hautdecke und des Nervensystems.

XXIII A: Uebersicht über die Entwickelung der Hautdecke.

Hautdecke (**Derma** oder **Integumentum**).	**Oberhaut** (*Epidermis*) Product des Hautsinnesblattes	Hornschicht der Oberhaut (*Stratum corneum*) Schleimschicht der Oberhaut (*Stratum mucosum*)	Haare Nägel Schweissdrüsen Thränendrüsen Talgdrüsen Milchdrüsen
	Lederhaut (*Corium*) Product des Hautfaserblattes	Faserschicht der Lederhaut (*Cutis*) Fettschicht der Lederhaut (*Subcutis*)	Bindegewebe Fettgewebe Glatte Muskeln Blutgefässe Tastkörperchen und Nerven der Lederhaut

XXIII B: Uebersicht über die Entwickelung des Centralmarks.

Centralmark oder centrales Nervensystem. (**Psyche** oder **Medulla centralis**. Product des Hautsinnesblattes.	I. **Vorderhirn** (*Protopsyche*)	Grosse Halbkugeln Riechlappen Seitenhöhlen Streifenhügel Gewölbe Balken	Hemisphaerae cerebri Lobi olfactorii Ventriculi laterales Corpora striata Fornix Corpus callosum
	II. **Zwischenhirn** (*Deutopsyche*)	Sehhügel Dritte Hirnhöhle Zirbel Trichter	Thalami optici Ventriculus tertius Conarium Infundibulum
	III. **Mittelhirn** (*Mesopsyche*)	Vierhügel Hirnwasserleitung Hirnstiele	Corpus bigeminum Aquaeductus Sylvii Pedunculi cerebri
	IV. **Hinterhirn** (*Metapsyche*)	Kleine Halbkugeln Hirnwurm Hirnbrücke	Hemisphaerae cerebelli Vermis cerebelli Pons Varolii
	V. **Nachhirn** (*Epipsyche*)	Pyramiden Oliven Strangkörper Vierte Hirnhöhle	Corpora pyramidalia Corpora olivaria Corpora restiformia Ventriculus quartus
	VI. **Rückenmark**	*Notopsyche*	Medulla spinalis
Markhüllen. Meninges.	Umhüllende Häute mit den ernährenden Blutgefässen des Gehirns u. Rückenmarks	1. Weiche Markhaut 2. Mittlere Markhaut 3. Harte Markhaut	Pia mater Arachnoidea Dura mater (Producte des Hautfaserblattes.)

Einundzwanzigster Vortrag.

Entwickelungsgeschichte der Sinnesorgane.

„Eine systematische Physiologie ruht vorzüglich auf der Entwickelungsgeschichte und kann, wenn diese nicht vollendeter ist, nimmermehr schnell vorrücken; denn sie giebt dem Philosophen den Stoff zur Aufführung eines festen Gebäudes des organischen Lebens. Man sollte daher in der Anatomie und Physiologie jetzt noch mehr, als es geschieht, in ihrem Sinne arbeiten; d. h. man sollte jedes Organ, jeden Stoff und auch jede Thätigkeit nur immer mit der Frage untersuchen: Wie sind sie entstanden?"

Emil Huschke (1832).

Inhalt des einundzwanzigsten Vortrages.

Entstehung der höchst zweckmässig eingerichteten Sinnesorgane ohne vorbedachten Zweck, bloss durch natürliche Züchtung. Die sechs Sinnes-Organe und die sieben Sinnes-Functionen. Ursprüngliche Entstehung aller Sinnesorgane aus der äusseren Hautdecke (aus dem Hautsinnesblatte). Organe des Drucksinnes, Wärmesinnes, Geschlechtssinnes und Geschmackssinnes. Bau des Geruchsorgans. Die blinden Nasengruben der Fische. Die Nasenfurchen verwandeln sich in Nasencanäle. Trennung der Nasenhöhle und Mundhöhle durch das Gaumendach. Bau des Auges. Die primären Augenblasen (gestielte Ausstülpungen des Zwischenhirns). Einstülpung derselben durch die von der Hornplatte abgeschnürten Linsensäckchen. Einstülpung des Glaskörpers. Gefässkapsel und Faserkapsel des Augapfels. Augenlider. Bau des Ohres. Schallempfindungs-Apparat: Labyrinth und Hörnerv. Entstehung des Labyrinthes aus dem primitiven Ohrbläschen (durch Abschnürung von der Hornplatte). Schallleitungs-Apparat: Trommelhöhle, Gehörknöchelchen und Trommelfell. Entstehung derselben aus der ersten Kiemenspalte und ihren Begrenzungstheilen (erstem und zweitem Kiemenbogen). Rudimentäres äusseres Ohr. Die rudimentären Muskeln der Ohrmuschel.

XXI.

Meine Herren!

Zu den wichtigsten und interessantesten Theilen des menschlichen Körpers gehören unstreitig die Sinnesorgane; diejenigen Theile, durch deren Thätigkeit wir allein Kunde von den Objecten der uns umgebenden Aussenwelt erlangen. „Nihil est in intellectu, quod non prius fuerit in sensu.“ Sie sind die Urquellen unseres Seelenlebens. Bei keinem anderen Theile des Thierkörpers sind wir im Stande, so ausserordentlich verwickelte und feine anatomische Einrichtungen nachzuweisen, welche für einen bestimmten physiologischen Zweck zusammenwirken; und bei keinem anderen Körpertheile scheinen diese wundervollen und höchst zweckmässigen Einrichtungen zunächst so zur Annahme eines vorbedachten Schöpfungs-Planes zu nöthigen. Daher pflegt man denn auch nach der hergebrachten teleologischen Anschauung hier ganz besonders die sogenannte „Weisheit des Schöpfers“ und die zweckmässige Einrichtung seiner „Geschöpfe“ zu bewundern. Freilich werden Sie bei reiflicherem Nachdenken finden, dass bei dieser Vorstellung der Schöpfer im Grunde nur die Rolle eines genialen Mechanikers oder eines geschickten Uhrmachers spielt; wie ja überhaupt alle diese beliebten teleologischen Vorstellungen vom Schöpfer und seiner Schöpfung im Grunde auf kindlichen Anthropomorphismen beruhen.

Allerdings müssen wir zugeben, dass auf den ersten Blick für die Erklärung solcher höchst zweckmässigen Einrichtungen jene teleologische Deutung als die einfachste und zusagendste erscheint. Wenn man bloss den Bau und die Functionen der höchst entwickelten Sinnesorgane in's Auge fasst, so scheint für die Erklärung ihrer Entstehung kaum etwas Anderes übrig zu bleiben als die Annahme eines übernatürlichen Schöpfungs-Actes. Dennoch zeigt uns gerade hier die Entwickelungsgeschichte auf das Allerklarste, dass jene üb-

liche Vorstellung grundfalsch ist. An ihrer Hand überzeugen wir uns, dass gleich allen anderen Organen auch die höchst zweckmässig eingerichteten und bewunderungswürdig zusammengesetzten Sinnesorgane ohne vorbedachten Zweck entstanden sind; entstanden durch denselben mechanischen Process der natürlichen Züchtung, durch dieselbe beständige Wechselwirkung von Anpassung und Vererbung, durch welche auch die übrigen zweckmässigen Einrichtungen der thierischen Organisation „im Kampfe um's Dasein" langsam und stufenweise sich entwickelt haben.

Gleich den meisten anderen Wirbelthieren besitzt auch der Mensch sechs verschiedene Sinnesorgane, die zur Vermittlung von sieben verschiedenen Sinnes-Empfindungen dienen. Die äussere Hautdecke dient der Empfindung des Druckes (Widerstandes) und der Empfindung der Temperatur (Wärme und Kälte). Dies ist das älteste, niederste und indifferenteste Sinnesorgan; es erscheint über die Oberfläche des ganzen Körpers verbreitet. Die übrigen Sinnesthätigkeiten sind lokalisirt. Der Geschlechtssinn ist an die Hautdecke der äusseren Geschlechtsorgane gebunden, ebenso wie der Geschmackssinn an die Schleimhaut der Mundhöhle (Zunge und Gaumen) und der Geruchssinn an die Schleimhaut der Nasenhöhle. Für die beiden höchsten und am weitesten differenzirten Sinnesorgane bestehen besondere, höchst verwickelte mechanische Einrichtungen, das Auge für den Gesichtssinn und das Ohr für den Gehörsinn.

Die vergleichende Anatomie und Physiologie zeigt uns, dass bei den niederen Thieren differenzirte Sinnes-Organe gänzlich fehlen und alle Sinnes-Empfindungen durch die äussere Oberfläche der Hautdecke vermittelt werden. Das indifferente Hautblatt oder Exoderm der Gastraea ist die einfache Zellenschicht, aus der sich die differenten Sinnesorgane sämmtlicher Darmthiere, und also auch der Wirbelthiere, ursprünglich entwickelt haben. Ausgehend von der Erwägung, dass nothwendig nur die oberflächlichsten, mit der Aussenwelt in unmittelbarer Berührung befindlichen Körpertheile die Entstehung der Sinnesempfindungen vermitteln konnten, werden wir schon von vorn herein vermuthen dürfen, dass auch die Sinnesorgane eben dorther ihren Ursprung genommen haben. Das ist auch in der That der Fall. Der wichtigste Theil aller Sinnesorgane entsteht aus dem äussersten Keimblatte, aus dem Hautsinnesblatte, theils unmittelbar aus

der Hornplatte, theils aus dem Gehirn, dem vordersten Theile des Medullarrohrs, nachdem sich dasselbe von der Hornplatte abgeschnürt hat. Wenn wir die individuelle Entwickelung der verschiedenen Sinnesorgane vergleichen, so sehen wir, dass sie alle zuerst in der denkbar einfachsten Gestalt auftreten: erst ganz allmählich bilden sich Schritt für Schritt die wundervollen Vervollkommnungen, durch welche schliesslich die höheren Sinnesorgane zu den merkwürdigsten und complicirtesten Einrichtungen des Organismus sich gestalten. Ursprünglich aber sind alle Sinnesorgane weiter Nichts, als Theile der äusseren Hautdecke, in welchen Empfindungs-Nerven sich ausbreiten. Diese Nerven selbst waren ursprünglich von gleicher, indifferenter Natur. Erst allmählich haben sich durch Arbeitstheilung die verschiedenen Leistungen oder „specifischen Energien" der verschiedenen Sinnes-Nerven entwickelt. Zugleich haben sich die einfachen Endausbreitungen derselben in der Hautdecke zu höchst zusammengesetzten Organen ausgebildet.

Welche ausserordentliche Tragweite diese historischen Thatsachen für die richtige Beurtheilung des Seelenlebens besitzen, werden Sie leicht einsehen. Die ganze Philosophie der Zukunft wird eine andere Gestalt gewinnen, sobald die Psychologie sich mit diesen genetischen Thatsachen genau bekannt gemacht und dieselben zur Basis ihrer Speculationen erhoben haben wird[115].

Mit Bezug auf die Endausbreitungen der Sinnesnerven können wir die menschlichen Sinnesorgane in drei Gruppen bringen, welche drei verschiedenen Entwickelungsstufen entsprechen. Die erste Gruppe umfasst diejenigen Sinnesorgane, deren Nerven sich ganz einfach in der freien Oberfläche der Hautdecke selbst ausbreiten (Organe des Drucksinnes, Wärmesinnes und Geschlechtssinnes). Bei der zweiten Gruppe breiten die Nerven sich auf der Schleimhaut von Höhlen aus, welche ursprünglich Gruben oder Einstülpungen der Hautdecke sind (Organe des Geschmackssinnes und Geruchssinnes). Die dritte Gruppe endlich bilden diejenigen, höchst entwickelten Sinnesorgane, deren Nerven sich auf einer inneren, von der Hautdecke abgeschnürten Blase ausbreiten (Organe des Gesichtssinnes und Gehörsinnes). Dieses Verhältniss wird durch folgende Zusammenstellung übersichtlich werden.

Drei Gruppen	Sinnes-Nerven	Sinnes-Organe	Sinnes-Functionen
A. Sinnesorgane, deren Nerven-Endausbreitung in der Oberfläche der äusseren Hautdecke erfolgt.	I. Hautnerven *(Nervi cutanei)*	I. Hautdecke (Oberhaut und Lederhaut)	1. Drucksinn 2. Wärmesinn
	II. Geschlechtsnerven *(Nervi pudendi)*	II. Aeussere Geschlechtstheile (Penis und Clitoris)	3. Geschlechtssinn
B. Sinnesorgane, deren Nerven-Endausbreitung in eingestülpten Gruben der äusseren Hautdecke erfolgt.	III. Geschmacksnerv *(Nervus glossopharyngeus)*	III. Schleimhaut der Mundhöhle (Zunge und Gaumen)	4. Geschmackssinn
	IV. Geruchsnerv *(N. olfactorius)*	IV. Schleimhaut der Nasenhöhle	5. Geruchssinn
C. Sinnesorgane, deren Nerven-Endausbreitung auf Blasen erfolgt, die von der äusseren Hautdecke abgeschnürt sind.	V. Sehnerv *(N. opticus)*	V. Auge	6. Gesichtssinn
	VI. Gehörnerv *(N. acusticus)*	VI. Ohr	7. Gehörsinn

Von der Entwickelungsgeschichte der niederen Sinnesorgane habe ich Ihnen sehr wenig zu sagen. Diejenige der Hautdecke, welche das Organ des Drucksinnes (Tastsinnes) und des Wärmesinnes ist, kennen Sie bereits (S. 506). Ich hätte höchstens noch nachzutragen, dass sich in der Lederhaut des Menschen, wie aller höheren Wirbelthiere, zahllose mikroskopische Sinnes-Organe entwickeln, deren nähere Beziehung zu den Empfindungen des Druckes oder Widerstandes, der Wärme und Kälte aber noch nicht ermittelt ist. Solche Organe, in oder auf denen sensible Hautnerven endigen, sind die sogenannten „Tastkörperchen" und die nach ihrem Entdecker Pacini benannten „Pacinischen Körperchen". Aehnliche Körperchen finden wir auch in den Organen des Geschlechtssinnes, in dem Penis des Mannes und der Clitoris des Weibes: Fortsätzen der Hautdecke, deren Entwickelung wir später im Zusammenhang mit derjenigen der übrigen Geschlechtsorgane betrachten werden. Die Entwickelung des Geschmacksorganes, der Zunge und des Gaumens, werden wir ebenfalls später in Betracht ziehen, zusammen mit derjenigen des Darmcanals, zu welchem ja diese Theile gehören. Nur das will ich hier schon ausdrücklich hervorheben, dass auch

die Schleimhaut der Zunge und des Gaumens, in welcher der Geschmacksnerv endigt, ihrem Ursprunge nach ein Theil der äusseren Hautdecke ist. Denn wie Sie bereits wissen, entsteht ja die ganze Mundhöhle nicht als ein Theil des eigentlichen Darmrohrs, sondern als eine grubenförmige Einstülpung der äusseren Haut (S. 237). Ihre Schleimhaut wird daher nicht vom Darmblatte, sondern vom Hautblatte gebildet, und die Geschmackszellen an der Oberfläche der Zunge und des Gaumens sind nicht Abkömmlinge des Darmdrüsenblattes, sondern des Hautsinnesblattes.

Dasselbe gilt von der Schleimhaut des Geruchsorganes, der Nase. Doch ist die Entwickelungsgeschichte dieses Sinnesorganes von weit höherem Interesse. Obgleich unsere Nase bei äusserer Betrachtung einfach und unpaar erscheint, so besteht sie doch beim Menschen, wie bei allen höheren Wirbelthieren, aus zwei völlig getrennten Hälften, aus einer rechten und einer linken Nasenhöhle. Beide Höhlen sind durch eine senkrechte Nasenscheidewand vollständig von einander geschieden, so dass wir durch das rechte äussere Nasenloch nur in die rechte und durch das linke Nasenloch nur in die linke Nasenhöhle gelangen können. Hinten münden beide Nasenhöhlen getrennt durch die beiden hinteren Nasenöffnungen oder die sogenannten „Choanen" in den Schlundkopf ein, so dass man direct durch die Nasengänge in den Schlund gelangen kann, ohne die Mundhöhle zu berühren. Das ist der gewöhnliche Weg der geathmeten Luft, die bei geschlossenem Munde durch die Nasengänge in den Schlund und von da durch die Luftröhre in die Lungen dringt. Von der Mundhöhle sind beide Nasenhöhlen durch das horizontale knöcherne Gaumendach getrennt, an welches sich hinten (wie ein herabhängender Vorhang) das weiche Gaumensegel mit dem Zäpfchen anschliesst. Im oberen und hinteren Theile der beiden Nasenhöhlen breitet sich auf der Schleimhaut, die sie tapetenartig auskleidet, der Geruchsnerv aus (*Nervus olfactorius*). Das ist das erste Hirnnervenpaar, welches aus der Schädelhöhle oben durch das Siebbein hervortritt. Die Ausbreitung seiner Aeste geschieht theils auf der Scheidewand, theils auf den inneren Seitenwänden der Nasenhöhlen, an welchen die sogenannten „Muscheln", complicirte Knochenbildungen, angebracht sind. Diese Riech-Muscheln sind bei vielen höheren Säugethieren viel stärker entwickelt als beim Menschen. Bei allen Säugethieren sind jederseits drei Muscheln vorhanden.

Die Geruchsempfindung entsteht dadurch, dass der Luftstrom, welcher riechbare Stoffe enthält, über die Schleimhaut der Höhlen herüberstreicht und dort mit den Nerven-Endigungen in Berührung tritt.

Die charakteristischen Eigenthümlichkeiten, durch welche sich das Geruchsorgan der Säugethiere von demjenigen der niederen Wirbelthiere unterscheidet, besitzt auch der Mensch. In allen speciellen Beziehungen gleicht unsere menschliche Nase vollkommen derjenigen der catarhinen Affen, von denen einige sich sogar durch eine ganz menschliche äussere Nase auszeichnen (vergl. das Gesicht des Nasenaffen, Fig. 76, S. 267). Die erste Anlage des Geruchsorganes im menschlichen Embryo lässt jedoch die zukünftige edle Gestalt unserer Catarhinen-Nase in keiner Weise ahnen. Vielmehr tritt dieselbe in derjenigen Form auf, in welcher das Geruchsorgan bei den Fischen zeitlebens verharrt, nämlich in Gestalt von ein Paar einfachen Hautgrübchen an der äusseren Oberfläche des Kopfes. Bei allen Fischen finden wir oben am Kopfe zwei solche einfache, blinde Geruchsgruben vor: bald liegen sie mehr oben, in der Nähe der Augen, bald mehr vorn an der Schnauzenspitze, bald mehr unten, in der Nähe der Mundspalte (Fig. 117 *n*. S. 435). Sie sind mit einer faltigen Schleimhaut ausgekleidet, auf welcher sich die Endäste der Geruchsnerven ausbreiten.

In dieser ursprünglichsten Anlage hat die paarige Nase aller Amphirhinen (S. 425) mit der primitiven Mundhöhle gar keine Verbindung. Aber schon bei einem Theile der Urfische beginnt sich später eine solche Verbindung zu bilden, indem eine oberflächliche Hautfurche jederseits von der Nasengrube zu dem benachbarten Mundwinkel zieht. Diese Furche, die Nasenrinne oder Nasenfurche (Fig. 149 *r*) ist von grosser Bedeutung.

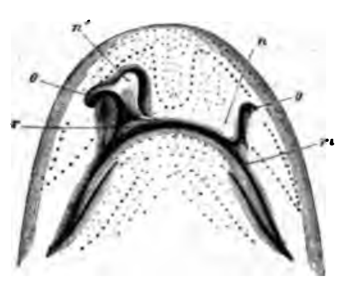


Fig. 149.

Fig. 149. Kopf eines Haifisches (*Scyllium*) von der Bauchseite. *m* Mundspalte. *o* Riechgruben. *r* Nasenrinne. *n* Nasenklappe in natürlicher Lage. *n'* Nasenklappe aufgeschlagen. (Die Punkte sind Mündungen der Schleimcanäle.) Nach GEGENBAUR.

Bei manchen Haifischen, z. B. bei *Scyllium*, legt sich ein besonderer Fortsatz der Stirnhaut, die Nasenklappe oder der „innere Nasenfortsatz", von innen her über die Nasenrinne herüber (Fig. 149, *n*, *n'*). Diesem gegenüber erhebt sich der äussere Rand der Furche als „äusserer Nasenfortsatz". Indem bei den Dipneusten und Amphibien die beiden Nasenfortsätze über der Nasenrinne sich begegnen und verwachsen, wird letztere in einen Canal, den „Nasencanal", verwandelt. Wir können nunmehr von den äusseren Nasengruben aus durch die Nasencanäle direct in die Mundhöhle gelangen, die ganz unabhängig von ersteren sich gebildet hatte. Bei den Dipneusten und niederen Amphibien liegt die innere Oeffnung der Nasencanäle weit vorn (hinter den Lippen), bei den höheren Amphibien weiter hinten. Endlich bei den drei höchsten Wirbelthier-Klassen, bei den Amnioten, zerfällt die primäre Mundhöhle durch die Ausbildung des horizontalen Gaumendaches in zwei gänzlich getrennte Hohlräume, die obere (secundäre) Nasenhöhle und die untere (secundäre) Mundhöhle. Die Nasenhöhle wiederum zerfällt durch die Ausbildung der verticalen Nasenscheidewand in zwei getrennte Hälften, eine rechte und eine linke Nasenhöhle.

Die vergleichende Anatomie zeigt uns so noch heutzutage in der Stufenleiter der paarnasigen Wirbelthiere, von den Fischen bis zum Menschen aufwärts, alle die verschiedenen Entwickelungsstufen der Nase neben einander, welche das höchst entwickelte Geruchsorgan der höheren Säugethiere im Laufe seiner Stammesgeschichte nach einander in verschiedenen Perioden zu durchlaufen hatte. In derselben einfachsten Form, in welcher die paarige Fischnase zeitlebens verharrt, wird zuerst das Geruchsorgan beim Embryo des Menschen und aller höheren Wirbelthiere angelegt. Es entstehen nämlich sehr frühzeitig, noch bevor eine Spur von der charakteristischen Gesichtsbildung des Menschen zu erblicken ist, vorn am Kopfe vor der ursprünglichen Mundhöhle, ein paar kleine Grübchen, welche zuerst Baer entdeckt und ganz richtig als „Riechgruben" gedeutet hat (Fig. 150 *n*). Diese primitiven Nasengrübchen sind ganz getrennt von der primitiven Mundhöhle oder Mundbucht, die, wie Sie sich erinnern, ebenfalls als eine grubenförmige Vertiefung der äusseren Hautdecke, vor dem blinden Vorderende des Darmrohrs entsteht (S. 237). Sowohl die paarigen Nasengrübchen als die unpaare Mundgrube (Fig. 152 *m*) sind von der Hornplatte ausge-

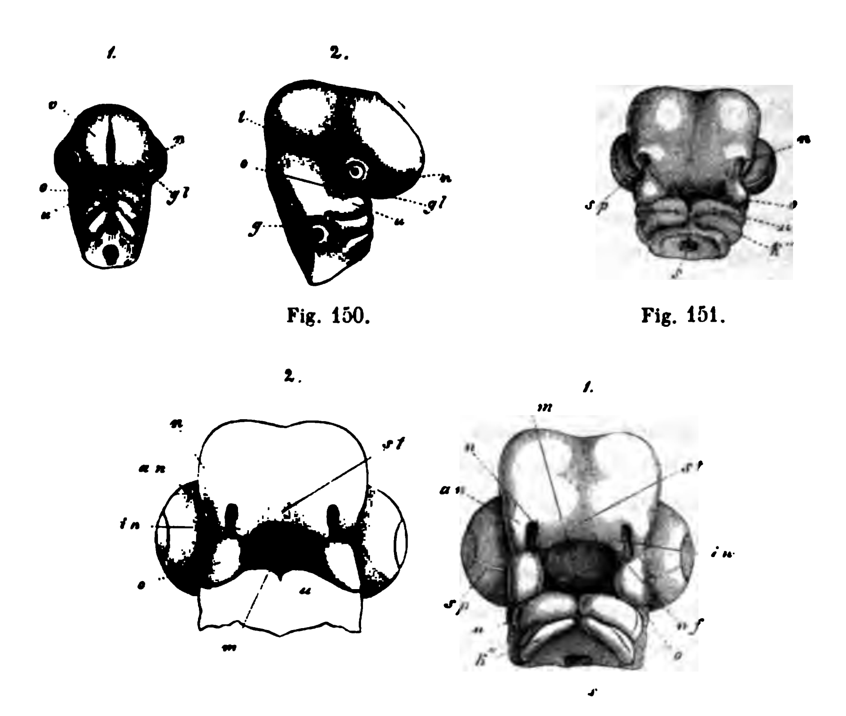


Fig. 150. Fig. 151.

Fig. 152.

kleidet. Die ursprüngliche Trennung der ersteren von der letzteren wird aber bald aufgehoben, indem zunächst oberhalb der Mundgrube ein Fortsatz sich bildet, der Stirnfortsatz (Fig. 153 *st*) (RATHKE's „Nasenfortsatz der Stirnwand"). Rechts und links springt

Fig. 150. Kopf eines Hühner-Embryo, vom dritten Brüttage: 1. von vorn, 2. von der rechten Seite. *n* Nasen-Anlage (Geruchs-Grübchen). *l* Augen-Anlage (Gesichts-Grübchen). *g* Ohr-Anlage (Gehör-Grübchen). *v* Vorderhirn. *gl* Augenspalte. *o* Oberkieferfortsatz. *u* Unterkieferfortsatz des ersten Kiemenbogens. (Nach KOELLIKER.)

Fig. 151. Kopf eines Hühner-Embryo, vom vierten Brüttage, von unten. *n* Nasengrube. *o* Oberkieferfortsatz des ersten Kiemenbogens. *u* Unterkieferfortsatz desselben. *k''* zweiter Kiemenbogen. *sp* Choroidal-Spalte des Auges. *s* Schlund. Nach KOELLIKER.

Fig. 152. Zwei Köpfe von Hühner-Embryonen. 1. vom Ende des vierten, 2. von Anfang des fünften Brüttages. Buchstaben wie in Fig. 151; ausserdem *in* innerer, *än* äusserer Nasenfortsatz. *nf* Nasenfurche. *st* Stirnfortsatz. *m* Mundhöhle. (Nach KOELLIKER.) Fig. 150, 151, 152 sind bei derselben Vergrösserung gezeichnet.

der Rand desselben in Form von zwei seitlichen Fortsätzen vor: das sind die inneren Nasenfortsätze oder Nasenklappen (Fig. 152*in*). Ihnen gegenüber erhebt sich ein paralleles Riff zwischen dem Auge und dem Nasengrübchen jederseits. Das sind die äusseren Nasenfortsätze oder RATHKE's „Nasendächer" (Fig. 152*an*). Zwischen dem inneren und äusseren Nasenfortsatze entsteht so jederseits eine rinnenförmige Vertiefung, welche von dem Nasengrübchen gegen die Mundgrube (*m*) hinführt, und diese Rinne ist, wie Sie schon errathen können, dieselbe Nasenfurche oder Nasenrinne, die wir vorher schon beim Haifisch betrachtet haben (Fig. 149*r*). Indem die beiden parallelen Ränder des inneren und äusseren Nasenfortsatzes sich gegeneinander wölben und über der Nasenrinne zusammenwachsen, verwandelt sich letztere in ein Röhrchen, den primitiven „Nasencanal". Die Nase des Menschen und aller anderen Amnioten besteht also in diesem Stadium der Ontogenese aus ein Paar engen Röhrchen, den „Nasencanälen", die von der äusseren Oberfläche der Stirnhaut in die einfache primitive Mundhöhle hineinführen. Dieser vorübergehende Zustand ist gleich demjenigen, welcher die Nase der Dipneusten und Amphibien zeitlebens beibehält. (Vergl. Taf. I, Titelblatt, nebst Erklärung, S. 621.)

Von wesentlicher Bedeutung für die Verwandlung der offenen Nasenrinne in den geschlossenen Nasencanal ist ein zapfenförmiges Gebilde, welches von unten her den unteren Enden der beiden Nasenfortsätze jederseits entgegenwächst und sich mit ihnen vereinigt. Das ist der Oberkieferfortsatz (Fig. 150*o*—152*o*; Taf. I*o*). Unterhalb der Mundgrube nämlich liegen die Ihnen bereits bekannten Kiemenbogen, welche durch die Kiemenspalten von einander getrennt sind (Taf. I, IV und V*k*). Der erste von diesen Kiemenbogen, welcher für uns jetzt der wichtigste ist, und den wir den Kieferbogen nennen können, entwickelt das Kiefergerüst des Mundes (Taf. I*u*). Oben an der Basis wächst zunächst aus diesem ersten Kiemenbogen ein kleiner Fortsatz nach vorn hervor: das ist eben der Oberkieferfortsatz. Der erste Kiemenbogen selbst (Fig. 150*u*—152*u*) entwickelt einen Knorpel an seiner inneren Seite, den nach seinem Entdecker so genannten „Meckel'schen" Knorpel, auf dessen Aussenfläche sich der Unterkiefer bildet. Der Oberkieferfortsatz bildet den wichtigsten Theil des ganzen Oberkiefergerüstes: das Gaumenbein und Flügelbein. An seiner Aussenseite entsteht später das Oberkieferbein

im engeren Sinne, während der mittlere Theil des Oberkiefergerüstes, der Zwischenkiefer, aus dem vordersten Theile des Stirnfortsatzes hervorwächst. (Vergl. die Entwickelung des Gesichts auf Taf. I.)

Für die weitere charakteristische Ausbildung des Gesichts der drei höchsten Wirbelthier-Klassen sind die beiden Oberkiefer-fortsätze von der grössten Bedeutung. Denn von ihnen aus wächst in die einfache primitive Mundhöhle hinein jene wichtige horizontale Scheidewand, das Gaumendach, durch welches die erstere in zwei ganz getrennte Höhlen geschieden wird. Die obere Höhle, in welche die beiden Nasencanäle einmünden, entwickelt sich nunmehr zur Nasenhöhle, zum respiratorischen Luftwege und zum Geruchsorgan. Die untere Höhle hingegen bildet für sich allein die bleibende secundäre Mundhöhle: den digestiven Speiseweg und das Geschmacksorgan. Hinten mündet sowohl die obere Geruchshöhle als die untere Geschmackshöhle in den Schlund (*Pharynx*). Das Gaumendach, das beide Höhlen trennt, entsteht also durch Zusammenwachsen aus zwei seitlichen Hälften, den horizontalen Platten der beiden Oberkieferfortsätze. Wenn diese bisweilen nicht völlig in der Mitte zur Verwachsung gelangen, bleibt eine Längsspalte bestehen, durch die man direct aus der Mundhöhle in die Nasenhöhle gelangen kann. Das ist der sogenannte „Wolfsrachen“. Die sogenannte „Hasenscharte“ und „Lippenspalte“ ist ein geringerer Grad solcher Bildungshemmung [116].

Gleichzeitig mit der horizontalen Scheidewand des Gaumendaches entwickelt sich eine senkrechte Scheidewand, durch welche die einfache Nasenhöhle in zwei Abschnitte zerfällt, in eine rechte und eine linke Hälfte. Diese verticale Nasenscheidewand wird von dem Mittelblatt des Stirnfortsatzes gebildet: oben entsteht daraus durch Verknöcherung die verticale Lamelle des Siebbeins, unten die grosse knöcherne senkrechte Scheidewand: die Pflugschar (*Vomer*) und vorn der Zwischenkiefer (*Os intermaxillare*). Dass der letztere beim Menschen gerade so wie bei den übrigen Schädelthieren als selbstständiger Knochen zwischen beiden Oberkiefer-Hälften entsteht, hat zuerst Goethe nachgewiesen. Die senkrechte Nasenscheidewand verwächst schliesslich mit dem wagerechten Gaumendache. Nunmehr sind beide Nasenhöhlen ebenso von einander völlig getrennt, wie von der secundären Mundhöhle. Nur hinten münden alle drei Höhlen in den Schlundkopf (*Pharynx*) oder die Rachenhöhle ein.

Somit hat die paarige Nase jetzt diejenige charakteristische Ausbildung erlangt, welche der Mensch mit allen übrigen Säugethieren theilt. Die weitere Entwickelung ist nun sehr leicht zu verstehen; sie beschränkt sich auf die Bildung von inneren und äusseren Fortsätzen der Wände beider Nasenhöhlen. Innerhalb der Höhlen entwickeln sich die Muscheln, schwammige Knochenstücke, auf denen sich die Geruchsschleimhaut ausbreitet. Vom grossen Gehirn her wächst der erste Gehirnnerv, der Riechnerv, mit seinen feinen Aesten durch das obere Dach der beiden Nasenhöhlen in dieselben herab und breitet sich auf der Geruchsschleimhaut aus. Zugleich entwickeln sich durch Ausbuchtung der Nasenschleimhaut die später mit Luft gefüllten Nebenhöhlen der Nase, welche mit den beiden Nasenhöhlen in offener Verbindung stehen (Stirnhöhlen, Keilbeinhöhlen, Kieferhöhlen u. s. w.). Sie kommen in dieser eigenthümlichen Entwickelung nur den Säugethieren zu [117]).

Erst nachdem alle diese wesentlichen inneren Theile des Geruchs-Organs angelegt sind, entsteht viel später auch die äussere Nase. Ihre ersten Spuren zeigen sich beim menschlichen Embryo am Ende des zweiten Monats (Fig. 153). Wie Sie sich an jedem menschlichen Embryo aus den beiden ersten Monaten überzeugen können, ist anfangs von der äusseren Nase noch keine Spur vorhanden. Erst später wächst dieselbe von hinten nach vorn vor, aus dem vordersten Nasentheile des Urschädels. Erst sehr spät entsteht diejenige Nasenform, welche charakteristisch für den Menschen sein soll. Man pflegt auf die Gestalt der äusseren Nase, als ein edles, dem Menschen ausschliesslich zukommendes Organ, besonderes Gewicht zu legen. Allein es giebt auch Affen, welche vollständige Menschennasen besitzen, wie namentlich der schon angeführte Nasenaffe. Anderseits erreicht die äussere Nase, deren schöne Form so äusserst wichtig für die Schönheit der Gesichtsbildung ist, bekanntlich bei vielen niederen Menschen-Rassen eine Gestaltung, welche nichts weniger als schön ist. Auch bei den meisten Affen bleibt die äussere Nasenbildung zurück. Besonders bemerkenswerth ist die schon



Fig. 153.

Fig. 153. Gesicht eines menschlichen Embryo von acht Wochen. Nach Ecker. (Vergl. Taf. I, Titelbild. Fig. MI—MIII).

Vierundzwanzigste Tabelle.

Uebersicht über die wichtigsten Perioden in der Stammesgeschichte der menschlichen Nase.

I. Erste Periode: **Aeltere Urfisch-Nase.**

Die Nase wird durch ein paar einfache Hautgruben (Nasengruben) an der Oberfläche des Kopfes gebildet (wie noch heute bleibend bei den niederen Selachiern).

II. Zweite Periode: **Jüngere Urfisch-Nase.**

Die beiden blinden Nasengruben treten jederseits durch eine Furche Nasenrinne, mit dem Mundwinkel in Verbindung (wie noch heute bleibend bei den höheren Selachiern).

III. Dritte Periode: **Dipneusten-Nase.**

Die beiden Nasenrinnen verwandeln sich durch Verwachsung ihrer Ränder in geschlossene Canäle (primäre Nasencanäle), welche ganz vorn, noch innerhalb des weichen Lippenrandes, in die primäre Mundhöhle münden (wie noch heute bleibend bei den Dipneusten und den älteren, niederen Amphibien, den Sozobranchiern).

IV. Vierte Periode: **Amphibien-Nase.**

Die inneren Mündungen der Nasencanäle rücken weiter nach hinten in die primäre Mundhöhle, so dass sie von festen Skelettheilen der Kiefer umgrenzt werden (wie noch heute bleibend bei den höheren Amphibien).

V. Fünfte Periode: **Protamnien-Nase.**

Die primitive Mundhöhle, in welche beide Nasencanäle einmünden, zerfällt durch Ausbildung einer horizontalen Scheidewand (des Gaumendaches) in eine obere Nasenhöhle und untere (secundäre) Mundhöhle. Die Bildung der Nasenmuscheln beginnt.

VI. Sechste Periode: **Aeltere Säugethier-Nase.**

Die einfache Nasenhöhle zerfällt durch Ausbildung einer verticalen Scheidewand (der Pflugscharwand) in zwei getrennte Nasenhöhlen, von denen jede den Nasencanal ihrer Seite aufnimmt (wie noch heute bei allen Säugethieren). Die Nasenmuscheln sondern sich.

VII. Siebente Periode: **Jüngere Säugethier-Nase.**

In den beiden Nasenhöhlen erfolgt die weitere Ausbildung der Nasenmuscheln und es beginnt sich eine äussere Nase zu bilden.

VIII. Achte Periode: **Catarhine Affen-Nase.**

Innere und äussere Nase erreichen die eigenthümliche Ausbildung, wie sie nur den catarhinen Affen und dem Menschen zukommt.

angeführte wichtige Thatsache, dass nur bei den Affen der alten Welt, bei den Catarhinen, die Nasenscheidewand so schmal bleibt, wie beim Menschen, während bei den Affen der neuen Welt die Nasenscheidewand sich nach unten stark verbreitert und dadurch die Nasenlöcher nach aussen treibt (Platyrhinen, S. 488).

Nicht minder merkwürdig und lehrreich als die Entwickelungsgeschichte der Nase ist diejenige des Auges. Denn obgleich dasselbe durch seine vollendete optische Einrichtung und seine bewunderungswürdige Zusammensetzung zu den complicirtesten und zweckmässigsten Organen gehört, entwickelt es sich dennoch ohne jeden vorbedachten Zweck aus einer einfachsten Anlage der äusseren Hautdecke. Das ausgebildete Auge des Menschen (Fig. 154) bildet eine kugelige Kapsel, den Augapfel (*Bulbus*), welcher, umgeben von schützendem Fett und von bewegenden Muskeln, in der knöchernen Augenhöhle des Schädels liegt. Der grösste Theil dieses Augapfels wird von einer halbflüssigen, wasserklaren Gallertmasse eingenommen, dem Glaskörper (*Corpus vitreum*). In die vordere Fläche des Glaskörpers ist die Linse oder Krystalllinse eingebettet (Fig. 154 *l*). Das ist ein linsenför-

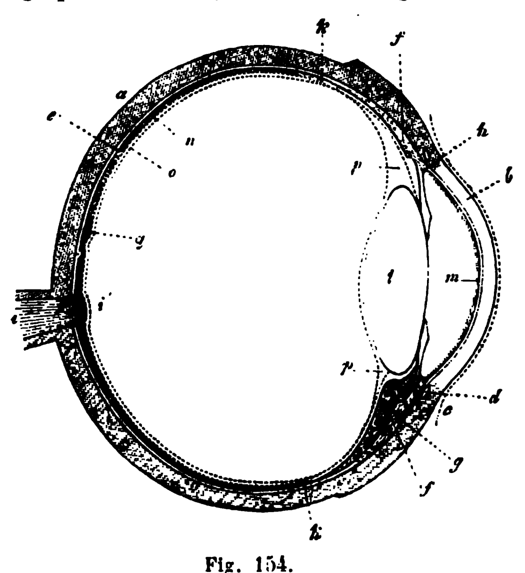


Fig. 154.

Fig. 154. Das menschliche Auge im Querschnitt. *a* Schutzhaut (*Sclerotica*). *b* Hornhaut (*Cornea*). *c* Oberhaut (*Conjunctiva*). *d* Ringvene der Iris. *e* Aderhaut (*Chorioidea*). *f* Ciliar-Muskel. *g* Faltenkranz (*Corona ciliaris*). *h* Regenbogenhaut (*Iris*). *i* Sehnerv (*Nervus opticus*). *k* vorderer Grenzrand der Netzhaut. *l* Krystall-Linse (*Lens crystallina*). *m* innerer Ueberzug der Hornhaut (Wasserhaut: *Membrana Descemeti*). *n* Pigmenthaut (*Pigmentosa*). *o* Netzhaut (*Retina*). *p* Petits-Canal. *q* gelber Fleck der Netzhaut. (Nach HELMHOLTZ.)

miger, biconvexer, durchsichtiger Körper, das wichtigste von den lichtbrechenden Medien des Auges. Zu diesen gehört ausser der Linse und dem Glaskörper auch das vor der Linse befindliche Augenwasser oder die wässerige Augenflüssigkeit (*Humor aqueus;* da wo in Fig. 154 der Buchstabe *m* steht). Diese drei wasserklaren lichtbrechenden Medien, Glaskörper, Linse und Augenwasser, durch welche die in das Auge einfallenden Lichtstrahlen gebrochen und gesammelt werden, sind von einer festen kugeligen Kapsel umschlossen, die aus mehreren sehr verschiedenartigen Häuten zusammengesetzt ist, vergleichbar den concentrischen Umhüllungshäuten einer Zwiebel. Die äusserste und zugleich die dickste von diesen Umhüllungen bildet die weisse Schutzhaut des Auges (*Sclerotica*, Fig. 154 *a*). Sie besteht aus festem und derbem, weissen Bindegewebe. Vorn, vor der Linse, ist in die weisse Schutzhaut eine kreisrunde, stark vorgewölbte, durchsichtige Platte wie ein Uhrglas eingefügt: die Hornhaut (*Cornea, b*). An der äusseren Oberfläche ist die Hornhaut von einem sehr dünnen Ueberzuge der äusseren Oberhaut (*Epidermis*) bedeckt; dieser Ueberzug heisst die Bindehaut (*Conjunctiva*); er geht von der Cornea aus auf die innere Fläche der beiden Augenlider über, die obere und untere Hautfalte, welche wir beim Schliessen der Augen über dieselben hinwegziehen. Am inneren Winkel unseres Auges findet sich als rudimentäres Organ noch der Rest eines dritten (inneren) Augenlides, welches als „Nickhaut“ bei niederen Wirbelthieren sehr entwickelt ist (S. 87). Unter dem oberen Augenlide verdeckt liegen die Thränendrüsen, deren Product, die Thränenflüssigkeit, die äussere Augenfläche glatt und rein erhält.

Unmittelbar unter der Schutzhaut finden wir eine zarte, dunkelrothe, an Blutgefässen sehr reiche Haut: die Aderhaut (*Chorioidea, e*); und nach innen von dieser die Netzhaut oder *Retina* (*o*), die Ausbreitung des Sehnerven (*i*). Dieser letztere ist der zweite Hirnnerv. Er tritt von den Sehhügeln (der zweiten Hirnblase) an das Auge heran, durchbohrt dessen äussere Hüllen und breitet sich dann zwischen Aderhaut und Glaskörper als Netzhaut aus. Zwischen der Retina und der Chorioidea liegt noch eine besonderes sehr zarte Haut, die gewöhnlich (aber mit Unrecht) zur letzteren gerechnet wird. Das ist die schwarze Pigmenthaut (*Lamina pigmenti, n*) oder die schwarze Tapete (*Tapetum nigrum*). Sie besteht aus einer einzigen Schicht von zierlichen, sechseckigen, regelmässig an einander gefügten

Zellen, die mit schwarzen Farbstoffkörnern gefüllt sind. Diese Pigmenthaut kleidet nicht nur die innere Fläche der eigentlichen Chorioidea aus, sondern auch die hintere Fläche von deren vorderer musculöser Verlängerung, welche als eine kreisrunde ringförmige Membran den Rand der Linse vorn verdeckt und die seitlich einfallenden Lichtstrahlen abhält. Das ist die bekannte Regenbogenhaut oder *Iris* des Auges (*h*), bei den verschiedenen Menschen verschieden gefärbt (blau, grau, braun u. s. w.). Diese Regenbogenhaut bildet die vordere Begrenzung der Aderhaut. Das kreisrunde Loch, welches hier in derselben übrig bleibt, ist das Sehloch, die Pupille, durch welche die Lichtstrahlen in das Innere des Auges hinein fallen. Da, wo die Iris vom vorderen Rande der eigentlichen Chorioidea abgeht, ist letztere stark verdickt und bildet einen zierlichen Faltenkranz (*g*), der mit ungefähr 70 grösseren und vielen kleineren Strahlen den Rand der Linse umgiebt.

Schon sehr frühzeitig wachsen beim Embryo des Menschen, wie aller anderen Amphirhinen, aus dem vordersten Theile der ersten Gehirnblase seitlich ein paar birnförmige Blasen hervor (Fig. 155 *b*). Diese bläschenförmigen Ausstülpungen sind die primären Augenblasen. Sie sind anfangs nach aussen und vorn gerichtet, treten aber bald mehr nach unten, so dass sie nach vollständig erfolgter Trennung der fünf Hirnblasen unten an der Basis des Zwischenhirnes liegen. Die inneren Höhlungen der beiden birnförmigen Blasen, die bald eine sehr ansehnliche Grösse erreichen, stehen durch ihre hohlen Stiele in offener Verbindung mit der Höhle des Zwischenhirns. Die äussere Bedekkung derselben wird durch



Fig. 155.

Fig. 155. Sohlenförmiger Embryo des Kaninchens, umgeben vom kreisrunden Fruchthofe, mit 8 Urwirbeln. Vor dem Eingange in die Kopfdarmhöhle (*a*) sind die beiden primären Augenblasen sichtbar (*b*). Nach Bischoff.



Fig. 156.

die äussere **Hautdecke** (Hornplatte und Lederplatte) gebildet. Da wo die letztere mit dem am stärksten vorgewölbten Theile der primären Augenblase jederseits in unmittelbare Berührung tritt, entwickelt sich eine Verdickung (*l*) und zugleich eine grubenförmige Vertiefung (*o*) in der Hornplatte (Fig. 156, 1). Die Grube, welche wir Linsengrube nennen wollen, verwandelt sich in ein geschlossenes Säckchen, das dickwandige Linsenbläschen (Fig. 156, 2 *l*), indem die schwielenförmig verdickten Ränder der Grube über derselben zusammenwachsen. In ganz ähnlicher Weise, wie sich ursprünglich das Medullarrohr vom äusseren Keimblatte abschnürt, sehen wir nun auch dieses Linsensäckchen sich ganz von der Hornplatte (*h*), seiner Geburtsstätte, abschnüren. Die Höhlung des Säckchens wird später durch die Zellen seiner dicken Wandung ausgefüllt, und so entsteht die solide **Krystalllinse**. Diese ist also ein reines Epidermisgebilde. Mit der Linse selbst schnürt sich zugleich das kleine, darunter gelegene Stück der Lederplatte von der äusseren Hautdecke ab. Dieses kleine Lederhautstückchen umgiebt dann die Linse bald als ein gefässreiches Säckchen (*Capsula vasculosa lentis*). Ihr vorderer Theil verschliesst anfänglich das Sehloch als sogenannte **Pupillenhaut** (*Membrana pupillaris*). Ihr hinterer Theil heisst „*Membrana capsulo-pupillaris*“. Später verschwindet diese „gefässhaltige Linsenkapsel“, welche bloss zur Ernährung der wachsenden Linse dient, völlig. Die spätere bleibende Linsenkapsel enthält keine Gefässe und ist eine structurlose Ausscheidung der Linsenzellen.

Indem sich die Linse dergestalt von der Hornplatte abschnürt und nach innen hineinwächst, muss sie nothwendig die anliegende primäre Augenblase von aussen her einstülpen (Fig. 156, 1—3). Diese

Fig. 156. **Auge des Hühner-Embryo** im Längsschnitte (1. von einem 65 Stunden bebrüteten Keim; 2. von einem wenig älteren Keim; 3. von einem vier Tage alten Keim). *h* Hornplatte. *o* Linsengrube. *l* Linse in 1 noch Bestandtheil der Oberhaut, in 2 und 3 davon abgeschnürt). *x* Verdickung der Hornplatte, da wo sich die Linse abgeschnürt hat. *gl* Glaskörper. *r* Netzhaut. *u* Pigmenthaut. Nach Remak.

Einstülpung können Sie sich ganz ebenso vorstellen, wie die Einstülpung der Keimhautblase (*Blastosphaera*), durch welche beim Amphioxus und vielen niederen Thieren die Gastrula entsteht (vergl. S. 322 und 393). Ganz ebenso, hier wie dort, geht die einseitige Einstülpung der geschlossenen Blase so weit, dass schliesslich der innere eingestülpte Theil den äusseren nicht eingestülpten Theil der Blasenwand berührt und deren Höhlung somit verschwindet. Wie bei der Gastrula sich der erste Theil zum Darmblatte (Entoderm) und der letztere zum Hautblatte (Exoderm) umbildet, so entsteht bei der eingestülpten primären Augenblase aus dem ersteren (inneren) Theile die Netzhaut (Fig, 156 *r*) und aus dem letzteren (dem äusseren, nicht eingestülpten Theile) die schwarze Pigmenthaut (Fig. 156 *u*). Der hohle Stiel der primären Augenblase verwandelt sich in den Sehnerven.

Die Linse (*l*), welche bei diesem Einstülpungs-Process der primären Augenblase so wesentlich betheiligt ist, liegt anfangs dem eingestülpten Theile derselben, also der Retina (*r*), unmittelbar an. Sehr bald aber entfernen sich beide von einander, indem zwischen beide ein neues Gebilde, der Glaskörper (*gl*) hineinwächst. Während nämlich die Abschnürung des Linsen-Säckchens und die Einstülpung der primären Augenblase durch dieses letztere von aussen her erfolgt, bildet sich gleichzeitig von unten her eine andere Einstülpung, welche von dem Hautfaserblatte, und zwar von dessen oberflächlichstem Theile — also von der Lederplatte des Kopfes — ausgeht. Hinter und unter der Linse wächst ein leistenförmiger Fortsatz der Lederplatte empor (Fig. 157 *g*), stülpt die becherförmig gewordene primäre Augenblase von unten her ein und drängt sich zwischen Linse (*l*) und Netzhaut (*i*) hinein. Die primäre Augenblase bekommt so die Form einer Haube. Die Oeffnung der Haube, welche dem Gesicht entspricht, wird durch die Linse ausgefüllt. Diejenige Oeffnung aber, in welcher sich der Hals befinden würde, entspricht der Einstülpung, durch welche die Lederhaut zwischen Linse und Retina (innere Haubenwand) hineinwächst. Der innere Raum der so entstehenden secundären Augenblase wird grösstentheils durch den Glaskörper ausgefüllt, welcher dem von der Haube umhüllten Kopfe entspricht. Die Haube selbst ist eigentlich doppelt: die innere Haube ist die Netzhaut, die äussere (unmittelbar diese umschliessende) die Pigmenthaut. Mit Hülfe dieses Hauben-Bildes kön-

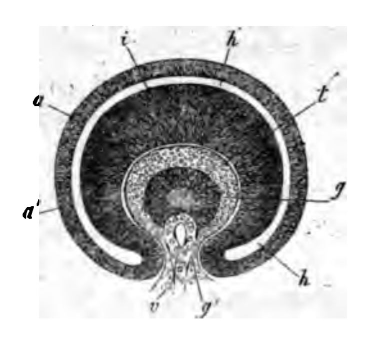


Fig. 157.

nen Sie sich jenen etwas schwierig vorzustellenden Einstülpungs-Process klarer machen. Anfangs ist die Glaskörper-Anlage noch sehr unbedeutend (Fig. 157 *g*) und die Netzhaut noch unverhältnissmässig dick (Fig. 157 *i*). Mit der Ausdehnung des ersteren wird aber die letztere bald viel dünner, und zuletzt erscheint die Retina nur als eine sehr zarte Hülle des dicken fast kugeligen Glaskörpers, der den grössten Theil der secundären Augenblase erfüllt. Die äusserste Schicht des Glaskörpers bildet sich in eine gefässreiche Kapsel um, deren Gefässe später wieder schwinden.

Die spaltenförmige Stelle, durch welche die leistenförmige Anlage des Glaskörpers zwischen Linse und Retina von unten her hineinwächst, muss natürlich eine Unterbrechung der Netzhaut und der Pigmenthaut bedingen. Diese Unterbrechung, die an der Innenfläche der Chorioidea als pigmentfreier Streifen erscheint, hat man unpassender Weise C h o r i o i d e a l - S p a l t e genannt, obwohl die wahre Chorioidea hier gar nicht gespalten ist (Fig. 151 *sp*, 152 *sp*, S. 542). Ein schmaler leistenförmiger Fortsatz der Glaskörper-Anlage setzt sich nach innen auf die untere Fläche des Sehnerven fort, und stülpt auch diesen von unten her in gleicher Weise ein, wie die primäre Augenblase. Dadurch wird der hohle cylindrische Sehnerv (der Stiel der primären Augenblase) in eine nach unten offene Rinne verwandelt. Die eingestülpte untere Fläche legt sich an die nicht eingestülpte obere Fläche des hohlen Stiels an und so verschwindet

---

Fig. 157. H o r i z o n t a l e r Q u e r s c h n i t t d u r c h d a s A u g e eines menschlichen Embryo von vier Wochen (100mal vergrössert, nach KOELLIKER). *t* Linse (deren dunkle Wand so dick ist, wie der Durchmesser der centralen Höhle). *g* Glaskörper (durch einen Stiel, *g'*, mit der Lederplatte zusammenhängend). *v* Gefässschlinge (durch diesen Stiel, *g'*, in das Innere des Glaskörpers hinter die Linse dringend). *i* Netzhaut (innere, dicke, eingestülpte Lamelle der primären Augenblase). *a* Pigmenthaut (äussere, dünne, nicht eingestülpte Lamelle derselben). *h* Zwischenraum zwischen Netzhaut und Pigmenthaut (Rest der Höhle der primären Augenblase).

die innere Höhlung desselben, die früher die offene Verbindung zwischen der Höhle des Zwischenhirns und der primären Augenblase herstellte. Sodann wachsen die beiden Ränder der Rinne unten gegen einander, umschliessen die Leiste der Lederplatte und wachsen unter derselben zusammen. So kommt diese Leiste in die Axe des soliden secundären Sehnerven zu liegen. Sie entwickelt sich zu dem bindegewebigen Strang, der die Centralgefässe der Netzhaut (*Vasa centralia retinae*) führt.

Schliesslich bildet sich nun aussen um die so entstandene secundäre Augenblase und ihren Stiel (den secundären Sehnerven) eine vollständige faserige Umhüllung, die Faserkapsel des Augapfels. Sie entsteht aus den Kopfplatten, aus demjenigen (inneren) Theile des Hautfaserblattes, welcher unmittelbar die Augenblase umschliesst. Diese faserige Umhüllung gestaltet sich zu einer völlig geschlossenen kugeligen Blase, welche den ganzen Augapfel umgiebt und an seiner äusseren Seite zwischen die Linse und die Hornplatte hineinwächst. Die kugelige Kapselwand sondert sich bald durch eine Spaltung in der Fläche in zwei verschiedene Häute. Die innere Haut gestaltet sich zur Chorioidea oder zur Gefässschicht, vorn zum Faltenkranz und zur Iris. Die äussere Haut hingegen verwandelt sich in die weisse Umhüllungshaut oder Schutzhaut, vorn in die durchsichtige Hornhaut oder Cornea. So ist nun das Auge mit allen seinen wesentlichen Theilen angelegt, und die weitere Entwickelung betrifft das Detail, die complicirtere Sonderung und Zusammensetzung der einzelnen Theile.

Das Wichtigste bei dieser merkwürdigen Entwickelungsgeschichte des Auges ist der Umstand, dass der Sehnerv, die Retina und die Pigmenthaut eigentlich aus einem Theile des Gehirns, aus einer Ausstülpung des Zwischenhirns entstehen, während sich aus der äusseren Oberhaut die Krystalllinse, der wichtigste lichtbrechende Körper entwickelt. Aus derselben Oberhaut, der Hornplatte, entsteht auch die zarte Bindehaut oder Conjunctiva, welche die äussere Oberfläche des Augapfels später überzieht. Als verästelte Wucherungen wachsen aus der Conjunctiva die Thränendrüsen hervor (Fig. 135, S. 508). Alle übrigen Theile des Auges entstehen aus dem Hautfaserblatte, und zwar der Glaskörper nebst der gefässhaltigen Linsenkapsel aus der Lederhaut, hingegen die Aderhaut (nebst Iris) und die Schutzhaut (nebst Hornhaut) aus den Kopfplatten.

Fünfundzwanzigste Tabelle.

Uebersicht über die Entwickelungsgeschichte des menschlichen Auges.

I. Uebersicht über die Theile des menschlichen Auges, welche sich aus dem ersten secundären Keimblatte, aus dem Hautsinnesblatte, entwickeln.

A. Producte der Markplatte	1. Stiel der primären Augenblase	1. Sehnerv	*Nervus opticus*
	2. Innerer (eingestülpter) Theil der primären Augenblase	2. Netzhaut	*Retina*
	3. Aeusserer (nicht eingestülpter) Theil der primären Augenblase	3. Pigmenthaut oder Farbentapete	*Pigmentosa* (*Lamina pigmenti*)
B. Producte der Hornplatte	4. Abgeschnürtes Säckchen der Hornplatte	4. Krystalllinse	*Lens crystallina*
	5. Aeussere Oberhaut-Decke	5. Bindehaut	*Conjunctiva*
	6. Einstülpungen der Oberhaut-Decke	6. Thränendrüsen	*Glandulae lacrymales*

II. Uebersicht über die Theile des menschlichen Auges, welche sich aus dem zweiten secundären Keimblatte, aus dem Hautfaserblatte, entwickeln.

C. Producte der Lederplatte	7. 8. Leistenfortsatz des Corium an der Unterseite der primären Augenblase	7. Glaskörper	*Corpus vitreum*
		8. Gefässkapsel des Glaskörpers	*Capsula vasculosa corporis vitrei*
	9. Fortsetzung der Corium-Leiste	9. Centralgefässe der Netzhaut	*Vasa centralia retinae*
	10. Pupillar-Membran nebst Kapsel-Pupillar-Membran	10. Gefässkapsel der Linse	*Capsula vasculosa lentis crystallinae*
	11. Falten der Lederhaut	11. Augenlider	*Palpebrae*
D. Producte der Kopfplatte	12. 13. Gefässkapsel des Augapfels (*Capsula vasculosa bulbi*)	12. Aderhaut	*Chorioidea*
		13. Regenbogenhaut	*Iris*
	14. 15. Faserkapsel des Augapfels (*Capsula fibrosa bulbi*)	14. Schutzhaut	*Sclerotica*
		15. Hornhaut	*Cornea*

Die äusseren Schutzorgane des Auges, die **Augenlider**, sind weiter Nichts als einfache Hautfalten, die beim menschlichen Embryo im dritten Monate sich erheben. Im vierten Monate verklebt das obere Augenlid mit dem unteren, und nun bleibt das Auge bis zur Geburt von ihnen bedeckt (Taf. V, Fig. *M* III, *K* III u. s. w.). Meistens kurz vor der Geburt (bisweilen erst nach derselben) treten beide Augenlider wieder auseinander. Unsere Schädelthier-Ahnen besassen ausser diesen beiden noch ein drittes Augenlid, die **Nickhaut**, welche vom inneren Augenwinkel her über das Auge herübergezogen wurde. Viele Urfische und Amnioten besitzen dieselbe noch heute. Bei den Affen und beim Menschen ist dieselbe rückgebildet worden, und nur noch ein kleiner Rest davon existirt an unserem inneren Augenwinkel als „halbmondförmige Falte", als ein nutzloses „rudimentäres Organ" (vergl. S. 87). Ebenso haben die Affen und der Mensch auch die unter der Nickhaut mündende „Hardersche Drüse" verloren, welche den übrigen Säugethieren, sowie den Vögeln, Reptilien und Amphibien zukommt [118].

In manchen wichtigen Beziehungen ähnlich wie Auge und Nase, und doch in anderer Hinsicht wieder sehr verschieden, entwickelt sich das **Ohr** der Wirbelthiere. Das **Gehörorgan** des entwickelten Menschen gleicht in allen wesentlichen Stücken demjenigen der übrigen Säugethiere, und ganz speciell demjenigen der Affen. Wie bei jenen besteht dasselbe aus zwei Hauptbestandtheilen, einem Schallleitungs-Apparat (äusseres und mittleres Ohr) und einem Schallempfindungs-Apparat (inneres Ohr). Das äussere Ohr öffnet sich in der an den Seiten des Kopfes gelegenen Ohrmuschel. Von hier führt nach innen in den Kopf hinein der äussere Gehörgang, welcher ungefähr einen Zoll lang ist. Das innere Ende desselben ist durch das bekannte Trommelfell oder Paukenfell (*Tympanum*) geschlossen: eine senkrechte, jedoch etwas schräg stehende dünne Haut von eirunder Gestalt. Dieses Trommelfell trennt den äusseren Gehörgang von der sogenannten Trommel- oder Paukenhöhle (*Cavum tympani*). Das ist eine kleine, im Felsentheil des Schläfenbeins verborgene und mit Luft gefüllte Höhle, die durch ein besonderes Rohr mit der Mundhöhle in Verbindung steht. Dieses Rohr ist etwas länger, aber viel enger als der äussere Gehörgang, führt in schräger Richtung aus der vorderen Wand der Paukenhöhle nach innen und vorn herab, und mündet hinter den inneren Nasenlöchern (oder Choanen) oben

in den Rachen oder die Schlundhöhle. Das Rohr führt den Namen der Ohrtrompete oder Eustachischen Trompete (*Tuba Eustachii*). Dasselbe vermittelt die gleiche Spannung derjenigen Luft, welche sich innerhalb der Trommelhöhle befindet, und der äusseren atmosphärischen Luft, welche durch den äusseren Gehörgang eindringt. Sowohl die Ohrtrompete als die Paukenhöhle ist mit einer dünnen Schleimhaut ausgekleidet, welche eine directe Fortsetzung der Schleimhaut des Schlundes ist. Innerhalb der Trommelhöhle befinden sich die drei zierlichen kleinen Gehörknöchelchen, welche nach ihrer charakteristischen Gestalt als Hammer, Ambos und Steigbügel bezeichnet werden. Am meisten nach aussen liegt der Hammer, inwendig am Trommelfell; der Ambos ist zwischen den beiden anderen eingefügt, oberhalb und nach innen vom Hammer: der Steigbügel endlich liegt inwendig am Ambos und berührt mit seiner Basis die äussere Wand des inneren Ohres oder der Gehörblase. Alle die genannten Theile des äusseren und mittleren Ohres gehören zum Schallleitungs-Apparate. Sie haben wesentlich die Aufgabe, die von aussen kommenden Schallwellen durch die dicke Seitenwand des Kopfes hindurch zu der innerlich darin verborgenen Gehörblase zu leiten. Den Fischen fehlen alle diese Theile noch gänzlich. Hier werden die Schallwellen direct durch die Kopfwand selbst zur Gehörblase hingeleitet.

Der innere Schallempfindungs-Apparat, welcher die dergestalt zugeleiteten Schallwellen aufnimmt, besteht beim Menschen, wie bei allen anderen Wirbelthieren (einzig den Amphioxus ausgenommen) aus einer geschlossenen, mit Flüssigkeit gefüllten G e h ö r b l a s e, und einem G e h ö r n e r v e n, dessen Endigungen sich auf der Wand dieser Blase ausbreiten. Die Schwingungen der Schallwellen werden durch jene Medien auf diese Nerven-Endigungen übertragen. In dem Gehörwasser oder „Labyrinthwasser“, das die Gehörblase erfüllt, liegen den Eintrittsstellen des Gehörnerven gegenüber kleine Steinchen, die aus Haufen von mikroskopischen Kalkkrystallen zusammengesetzt sind (Gehörsteine, *Otolithi*). Die gleiche Zusammensetzung hat im Wesentlichen auch das Gehörorgan der meisten wirbellosen Thiere. Gewöhnlich besteht dasselbe auch hier aus einem geschlossenen Bläschen, das mit Flüssigkeit erfüllt ist, das Gehörsteinchen enthält, und auf dessen Wand sich der Gehörnerv ausbreitet. Während aber das Gehörbläschen hier meistens eine ganz einfache, kugelige oder

länglich-runde Gestalt besitzt, zeichnet sich dasselbe dagegen bei allen Amphirhinen (— also bei allen Wirbelthieren von den Fischen aufwärts bis zum Menschen hinauf —) durch eine sehr eigenthümliche und sonderbare, als Gehör-Labyrinth bezeichnete Bildung aus. Dieses dünnhäutige Labyrinth ist in einer ebenso geformten Knochenkapsel, dem knöchernen Labyrinth, eingeschlossen (Fig. 158), und dieses liegt mitten im Felsenbein des Schädels. Das Labyrinth aller Amphirhinen ist in zwei Blasen gesondert. Die grössere Gehörblase heisst Gehörschlauch (*Utriculus*) und besitzt drei bogenförmige Anhänge, die sogenannten „halbcirkelförmigen Canäle“ (Fig. 158 *c d e*). Die kleinere Gehörblase heisst Gehörsäckchen (*Sacculus*) und steht mit einem eigenthümlichen Anhang in Verbindung, der sich beim Menschen und den höheren Säugethieren durch seine spiralige, einem Schneckenhause ähnliche Gestalt auszeichnet und daher Schnecke (*Cochlea*) genannt wird (*b*). Auf der dünnen Wand dieses zarthäutigen Labyrinthes breitet sich in höchst verwickelter Weise der Gehörnerv aus, der vom Nachhirn an die Gehörblasen herantritt. Er spaltet sich in zwei Hauptäste, einen Schnecken-Nerven (für die Schnecke) und einen Vorhofs-Nerven (für die übrigen Theile des Labyrinthes). Der erstere scheint mehr die Qualität, der letztere die Quantität der Schall-Empfindungen zu vermitteln. Durch den Schnecken-Nerven erfahren wir, von welcher Höhe und Klangfarbe, durch den Vorhofs-Nerven, von welcher Stärke die Töne sind.



Fig. 158.

Die erste Anlage dieses höchst verwickelt gebauten Gehör-Organs ist ebenso beim Embryo des Menschen, wie aller anderen Schädelthiere, höchst einfach, nämlich eine grubenförmige Vertiefung der äusseren Oberhaut. Hinten am Kopfe entsteht jederseits neben dem Nachhirn, am oberen Ende der zweiten Kiemenspalte, eine schwielenartige kleine Verdickung der Hornplatte (Fig. 159 *g*). Diese vertieft sich zu einem Grübchen und schnürt sich von der äusseren Oberhaut ab, gerade so wie die Linse des Auges (vergl. S. 550). So entsteht demnach unmittelbar unter der Hornplatte des

Fig. 158. Das knöcherne Labyrinth des menschlichen Ohres (der linken Seite). *a* Vorhof. *b* Schnecke. *c* oberer Bogengang. *d* hinterer Bogengang. *e* äusserer Bogengang. *f* ovales Fenster. *g* rundes Fenster. (Nach Meyer.)

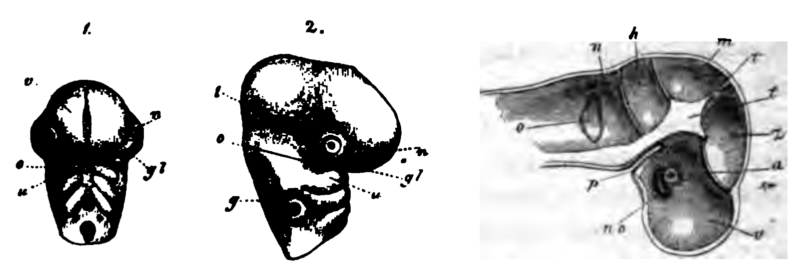


Fig. 159. Fig. 160.

Hinterkopfes jederseits ein kleines, mit Flüssigkeit gefülltes Bläschen, das **primitive Ohrbläschen** oder das „primäre Labyrinth" (Taf. IV und V *o*). Indem sich dasselbe von seiner Ursprungsstätte, der Hornplatte, ablöst, und nach innen und unten in den Schädel hinein wächst, geht seine rundliche Gestalt in eine birnförmige über (Fig. 160 *o*). Der äussere Theil desselben nämlich verlängert sich in einen dünnen Stiel, der anfänglich noch durch einen engen Canal aussen mündet (vergl. Fig. 80 *e*, 81 *f*, S. 271). Das ist der sogenannte **Labyrinth-Anhang** (*Recessus labyrinthi*). Bei niederen Wirbelthieren entwickelt sich derselbe zu einem besonderen, mit Kalkkrystallen erfüllten Hohlraum, der bei einigen Urfischen sogar zeitlebens offen bleibt und oben auf dem Schädel nach aussen mündet (*Ductus endolymphaticus*). Bei den Säugethieren hingegen verkümmert der Labyrinth-Anhang. Er ist hier bloss von Interesse als ein rudimentäres Organ, welches jetzt keine physiologische Bedeutung mehr besitzt. Der unnütze Rest desselben durchzieht als ein enger Canal die Knochenwand des Felsenbeines und führt den Namen der „Wasserleitung des Vorhofs" (*Aquaeductus vestibuli*).

Fig. 159. **Kopf eines Hühner-Embryo**, vom dritten Brütetage: 1. von vorn, 2. von der rechten Seite. *n* Nasen-Anlage (Geruchs-Grübchen.) *l* Augen-Anlage (Gesichts-Grübchen). *g* Ohr-Anlage (Gehör-Grübchen). *v* Vorderhirn. *gl* Augenspalte. *o* Oberkieferfortsatz. *u* Unterkieferfortsatz des ersten Kiemenbogens. (Nach KOELLIKER.)

Fig. 160. **Urschädel des menschlichen Embryo** von vier Wochen, senkrecht durchschnitten und die linke Hälfte von innen her betrachtet. *v*, *z*, *m*, *h*, *n* die fünf Gruben der Schädelhöhle, in denen die fünf Hirnblasen liegen (Vorderhirn, Zwischenhirn, Mittelhirn, Hinterhirn und Nachhirn). *o* birnförmiges primäres Gehörbläschen durchschimmernd. *a* Auge durchschimmernd. *no* Sehnerv. *p* Canal der Hypophysis. *t* Mittlerer Schädelbalken. (Nach KOELLIKER.)

Nur der innere und untere, blasenförmig erweiterte Theil des abgeschnürten Gehörbläschens entwickelt sich zu der höchst complicirten und differenzirten Bildung, welche man später unter dem Namen des „secundären Labyrinthes“ zusammenfasst. Dieses Bläschen sondert sich schon frühzeitig in einen oberen grösseren und unteren kleineren Abschnitt. Aus dem ersteren entsteht der Gehörschlauch (*Utriculus*) mit den drei Bogengängen oder Ringcanälen: aus dem letzteren das Gehörsäckchen (*Sacculus*) mit der Schnecke. Die drei Bogengänge entstehen als einfache taschenförmige Ausstülpungen des Schlauches. Im mittleren Theile jeder Ausstülpung verwachsen ihre beiden Wände und schnüren sich von dem Schlauche ab, während ihre beiden Enden in offener Verbindung mit dessen Höhlung bleiben. Alle Amphirhinen haben gleich dem Menschen drei Ringcanäle, während unter den Cyclostomen die Lampreten nur zwei und die Myxinoiden nur einen Ringcanal besitzen (S. 426). Das höchst verwickelte Gebäude der Schnecke, welches zu den feinsten und bewunderungswürdigsten Anpassungs-Producten des Säugethier-Körpers gehört, entwickelt sich ursprünglich in der einfachsten Weise als eine flaschenförmige Ausbuchtung des Gehörsäckchens. Die verschiedenen ontogenetischen Ausbildungsstufen desselben finden sich, wie HASSE gezeigt hat, in der Reihe der höheren Wirbelthiere neben einander bleibend vor [119]. Auch noch bei den Monotremen fehlt die schneckenförmige Spiralkrümmung der Cochlea, welche nur für die übrigen Säugethiere und den Menschen charakteristisch ist.

Der G e h ö r n e r v (*Nervus acusticus*) oder der achte Gehirnnerv, welcher sich mit dem einen Hauptaste auf der Schnecke, mit dem anderen Hauptaste auf den übrigen Theilen des Labyrinthes ausbreitet, ist, wie GEGENBAUR gezeigt hat, der sensible Dorsal-Ast eines spinalen Gehirn-Nerven, dessen motorischer Ventral-Ast der Bewegungs-Nerv der Gesichtsmuskeln (*Nervus facialis*) ist. Er ist daher phylogenetisch aus einem gewöhnlichen Hautnerven entstanden, mithin ganz anderen Ursprungs, als der Sehnerv und der Geruchsnerv, die beide directe Ausstülpungen des Gehirnes darstellen. In dieser Beziehung ist das Gehörorgan wesentlich vom Gesichts- und Geruchs-Organ verschieden. Der Gehörnerv entsteht aus Bildungszellen der Kopfplatten, also aus dem H a u t f a s e r b l a t t e. Aus demselben entstehen auch sämmtliche häutigen, knorpeligen und knöchernen Umhüllungen des Gehör-Labyrinthes.

Sechsundzwanzigste Tabelle.

Uebersicht über die wichtigsten Perioden in der Stammesgeschichte des menschlichen Ohres.

I. **Erste Periode.**

Der Gehörnerv ist ein gewöhnlicher sensibler Hautnerv, welcher an eine besondere Hautstelle des Kopfes mit differenzirter Hornplatte herantritt.

II. **Zweite Periode.**

Die differenzirte Stelle der Hornplatte, an welche der Gehörnerv herantritt, bildet ein besonderes Gehörgrübchen in der Haut, welches durch einen Ausführgang (den „Labyrinth-Anhang") aussen mündet.

III. **Dritte Periode.**

Das Gehörgrübchen hat sich als geschlossenes, mit Flüssigkeit gefülltes Gehörbläschen von der Hornplatte abgeschnürt. Der „Labyrinth-Anhang" wird rudimentär (Aquaeductus vestibuli).

IV. **Vierte Periode.**

Das Gehörbläschen sondert sich in zwei zusammenhängende Theile: Gehörschlauch (Utriculus) und Gehörsäckchen (Sacculus). An jedes der beiden Bläschen tritt ein besonderer Hauptast des Gehörnerven heran.

V. **Fünfte Periode.**

Aus dem Gehörschlauch wachsen drei Bogengänge oder Ringcanäle hervor (wie bei allen Amphirhinen).

VI. **Sechste Periode.**

Aus dem Gehörsäckchen wächst die Schnecke (Cochlea) hervor (bei Fischen und Amphibien sehr unbedeutend, erst bei den Amnioten als selbstständiger Theil entwickelt).

VII. **Siebente Periode.**

Die erste Kiemenspalte (oder das „Spritzloch" der Selachier) verwandelt sich in Paukenhöhle und Eustachische Ohrtrompete: erstere ist aussen durch das Paukenfell geschlossen. (Amphibien.)

VIII. **Achte Periode.**

Aus Theilen des ersten und zweiten Kiemenbogens entwickeln sich die Gehörknöchelchen der Säugethiere (Hammer und Ambos aus dem ersten, Steigbügel aus dem zweiten Kiemenbogen).

IX. **Neunte Periode.**

Das äussere Ohr entwickelt sich nebst dem knöchernen Gehörgang. Die Ohrmuschel ist zugespitzt und beweglich (wie bei den meisten niederen Säugethieren).

X. **Zehnte Periode.**

Die Ohrmuschel mit ihren Muskeln tritt ausser Gebrauch und wird rudimentäres Organ. Sie besitzt keine Spitze mehr, dagegen einen umgeklappten Rand und ein Ohrläppchen (wie bei den anthropoiden Affen und beim Menschen).

Siebenundzwanzigste Tabelle.

Uebersicht über die Entwickelungsgeschichte des menschlichen Ohres.

I. Uebersicht über die Theile des inneren Ohres (Schallempfindungs-Apparat).

A. Producte der Hornplatte	1. Stiel der primären Gehörblase	1. Wasserleitung des Vorhofs (Ductus endolymphaticus)	*Aquaeductus vestibuli s. Recessus labyrinthi*
	2. 3. Oberes Stück der primären Gehörblase	2. Gehörschlauch	*Utriculus*
		3. Drei Ringcanäle oder Bogengänge	*Canales semicirculares*
	4. 5. Unteres Stück der primären Gehörblase	4. Gehörsäckchen	*Sacculus*
		5. Schnecke	*Cochlea*
B. Producte der Kopfplatte	6. Gehörnerv	6. Gehörnerv	*Nervus acusticus*
	7. Knöcherne Umhüllung des häutigen Labyrinthes	7. Knöchernes Labyrinth	*Labyrinthus osseus*
	8. Knöcherne Hülle des gesammten inneren Ohres	8. Felsenbein	*Os petrosum*

II. Uebersicht über die Theile des mittleren und äusseren Ohres (Schallleitungs-Apparat).

C. Producte der ersten Kiemenspalte	9. Innerer Theil der ersten Kiemenspalte	9. Ohrtrompete	*Tuba Eustachii*
	10. Mittlerer Theil der ersten Kiemenspalte	10. Paukenhöhle (Trommelhöhle)	*Cavum tympani*
	11. Verschlussstelle der ersten Kiemenspalte	11. Paukenfell (Trommelfell)	*Membrana tympani*
D. Producte der beiden ersten Kiemenbogen	12. Oberstes Stück des zweiten Kiemenbogens	12. Steigbügel (erster Gehörknochen)	*Stapes*
	13. Oberstes Stück des ersten Kiemenbogens	13. Ambos (zweiter Gehörknochen)	*Incus*
	14. Mittleres Stück des ersten Kiemenbogens	14. Hammer (dritter Gehörknochen)	*Malleus*
E. Product der Kopfplatte	15. Paukenring (Annulus tympanicus)	15. Knöcherner äusserer Gehörgang	*Meatus auditorius osseus*
F. Product der Hautdecke	16. Ringförmige Hautfalte an der Verschlussstelle der ersten Kiemenspalte	16. Ohrmuschel	*Concha auris*
		17. Rudimentäre Ohrmuskeln	*Musculi conchae*

Ganz getrennt von dem Schallempfindungs-Apparate entwickelt sich der Schallleitungs-Apparat, den wir in dem äusseren und mittleren Ohre der Säugethiere vorfinden. Er ist ebenso phylogenetisch wie ontogenetisch als eine selbstständige secundäre Bildung zu betrachten, die erst nachträglich zu dem primären inneren Ohr hinzutritt. Die Entwickelung desselben ist jedoch nicht minder interessant und wird ebenfalls durch die vergleichende Anatomie vortrefflich erläutert. Bei allen Fischen und bei den noch tiefer stehenden niedersten Wirbelthieren existirt noch gar kein besonderer Schallleitungs-Apparat, kein äusseres und mittleres Ohr; diese haben nur ein Labyrinth, ein inneres Ohr, welches innen im Schädel liegt. Hingegen fehlt ihnen das Trommelfell, die Paukenhöhle und Alles, was dazu gehört. Das mittlere Ohr entwickelt sich erst in der Klasse der Amphibien, wo wir zuerst ein Trommelfell, eine Trommelhöhle und eine Ohrtrompete antreffen. Alle diese wesentlichen Bestandtheile des mittleren Ohres entstehen aus der ersten Kiemenspalte und deren Umgebung, welche bei den Urfischen zeitlebens als offenes „Spritzloch" fortbesteht und zwischen dem ersten und zweiten Kiemenbogen liegt. Beim Embryo der höheren Wirbelthiere verwächst sie in ihrem mittleren Theile und diese Verwachsungsstelle gestaltet sich zum Trommelfell oder Paukenfell. Der nach aussen davon gelegene Rest der ersten Kiemenspalte ist die Anlage des äusseren Gehörganges. Aus dem inneren Theile derselben entsteht die Paukenhöhle und weiter nach innen die eustachische Trompete. In Zusammenhang damit steht die Entwickelung der drei Gehörknöchelchen aus den beiden ersten Kiemenbogen; Hammer und Ambos bilden sich aus dem ersten, der Steigbügel hingegen aus dem obersten Ende des zweiten Kiemenbogens [120]).

Was schliesslich das äussere Ohr betrifft, nämlich die Ohrmuschel und den äusseren Gehörgang, der von da aus bis zum Trommelfell hinführt, so entwickeln sich diese Theile in einfachster Weise aus der Hautdecke, welche die äussere Mündung der ersten Kiemenspalte begrenzt. Die Ohrmuschel erhebt sich hier in Gestalt einer ringförmigen Hautfalte, in der später Knorpel und Muskeln entstehen. Uebrigens ist dieses Organ bloss der Klasse der Säugethiere eigenthümlich. Ursprünglich fehlt dasselbe hier nur der niedersten Abtheilung, den Schnabelthieren oder Monotremen. Dagegen findet es sich bei den übrigen auf sehr verschiedenen Stufen

der Entwickelung und theilweise auch der Rückbildung vor. Rückgebildet ist die Ohrmuschel bei den meisten im Wasser lebenden Säugethieren. Die Mehrzahl derselben hat sie sogar ganz verloren. so namentlich die Seerinder und Walfische und die meisten Robben. Hingegen ist die Ohrmuschel bei der grossen Mehrzahl der Beutelthiere und Placentalthiere gut entwickelt, dient zum Auffangen und Sammeln der Schallwellen und ist mit einem sehr entwickelten Muskel-Apparat versehen, mittelst dessen die Ohrmuschel frei nach allen Seiten gedreht und zugleich ihre Gestalt verändert werden kann. Sie wissen, wie kräftig und frei unsere Haussäugethiere, die Pferde. Rinder, Hunde, Kaninchen u. s. w. ihre Ohren „spitzen“, aufrichten und nach anderen Richtungen bewegen. Dasselbe thun die meisten Affen noch heute, und dasselbe konnten auch früher unsere älteren Affen-Ahnen thun. Aber die jüngeren Affen-Ahnen, die wir mit den anthropoiden Affen (Gorilla, Schimpanse u. s, w.) gemein haben, gewöhnten sich jene Ohr-Bewegungen ab, und daher sind die bewegenden Muskeln allmählich rudimentär und nutzlos geworden. Trotzdem besitzen wir dieselben noch heute (Fig. 161). Auch können einzelne Menschen noch ihre Ohren mittelst der Vorziehmuskeln (*b*) und der Rückziehmuskeln (c) ein wenig nach vorn oder nach hinten bewegen; und durch fortgesetzte Uebung kan man diese Bewegungen allmählich verstärken. Hingegen ist kein Mensch mehr im Stande, die Ohrmuschel durch den Aufziehmuskel (*a*) in die Höhe zu ziehen. oder durch die kleinen inneren Ohrmuskeln (*d*, *e*, *f*, *g*) ihre Gestalt zu verändern. Diese Muskeln, die unseren Vorfahren sehr nützlich

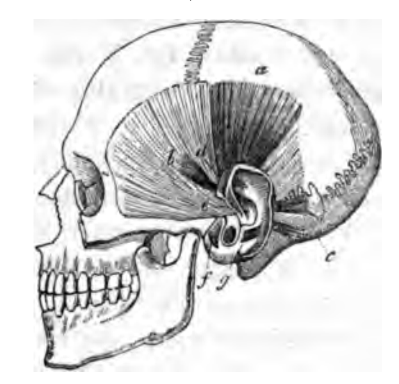


Fig. 161.

Fig. 161. Die rudimentären Ohrmuskeln am menschlichen Schädel. *a* Aufzieh-Muskel (*M. attollens*). *b* Vorzieh-Muskel (*M. attrahens*). *c* Rückzieh-Muskel (*M. retrahens*). *d* Grosser Ohrleisten-Muskel (*M. helicis major*). *e* Kleiner Ohrleisten-Muskel (*M. helicis minor*). *f* Ohrecken-Muskel (*Musculus tragicus*). *g* Gegenecken-Muskel (*Musculus antitragicus*). (Nach H. Meyer.)

waren, sind für uns völlig bedeutungslos geworden. Dasselbe gilt für die anthropoiden Affen.

Auch die charakteristische Gestalt unserer menschlichen Ohrmuschel, insbesondere den umgeklappten Rand, die Leiste (*Helix*) und das Ohrläppchen theilen wir nur mit den höheren anthropoiden Affen: Gorilla, Schimpanse und Orang. Hingegen besitzen die niederen Affen ein zugespitztes Ohr ohne Leistenrand und ohne Ohrläppchen, wie die anderen Säugethiere. Darwin hat aber gezeigt, dass am oberen Theile des umgeklappten Leistenrandes bei manchen Menschen ein kurzer spitzer Fortsatz nachzuweisen ist, den die meisten von uns nicht besitzen. Bei einzelnen Individuen ist dieser Fortsatz sehr stark entwickelt. Derselbe kann nur gedeutet werden als Rest der ursprünglichen Spitze des Ohres, welche in Folge der Umklappung des Randes nach vorn und innen geschlagen worden ist. (Vergl. das ähnlich umgeklappte Ohr bei den Embryonen des Schweines und Rindes, Taf. V, Fig. *S* III und *R* III.) Vergleichen wir in dieser Beziehung sorgfältig die Ohrmuschel des Menschen und der verschiedenen Affen, so finden wir, dass dieselben eine zusammenhängende Reihe von Rückbildungen darstellen. Bei den gemeinsamen catarhinen Vorfahren der Anthropoiden und des Menschen hat diese Rückbildung damit begonnen, dass die Ohrmuschel zusammengeklappt wurde. In Folge dessen ist der Leistenrand entstanden, an welchem jene bedeutungsvolle Ecke vorspringt, der letzte Rest von der frei hervorragenden Spitze des Ohres bei unseren älteren Affen-Ahnen. So ist auch hier durch die vergleichende Anatomie die sichere Ableitung dieses menschlichen Organes von dem gleichen, aber höher entwickelten Organe der niederen Säugethiere möglich. Zugleich zeigt uns die vergleichende Physiologie, dass dasselbe bei den letzteren von mehr oder minder hohem physiologischen Werthe, hingegen bei den Anthropoiden und beim Menschen ein unnützes rudimentäres Organ ist. Denn Menschen mit abgeschnittenen Ohren hören noch gerade so gut, wie vordem. Die Schall-Leitung wird durch den Verlust der Ohrmuschel nicht beeinträchtigt. Hieraus erklärt sich auch die ausserordentlich mannichfaltige Gestalt und Grösse der Ohrmuschel bei den verschiedenen Menschen; sie theilt diesen hohen Grad von Veränderlichkeit mit anderen rudimentären Organen [121].

Zweiundzwanzigster Vortrag.

Entwickelungsgeschichte der Bewegungs-Organe.

„Der Leser möge bei Beurtheilung des Ganzen, vom Einzelnen ausgehend, die thatsächlichen Grundlagen prüfen, auf welche ich meine Folgerungen stütze. Aber eben so nöthig ist wieder die Verknüpfung der einzelnen Thatsachen und deren Werthschätzung für's Ganze. Wer von vorn herein in der Organismen-Welt nur zusammenhangslose Existenzen sieht, bei denen etwaige Uebereinstimmungen der Organisation als zufällige Aehnlichkeiten erscheinen, der wird den Resultaten dieser Untersuchung fremd bleiben; nicht bloss weil er die Folgerungen nicht begreift, sondern vorzugsweise weil ihm die Bedeutung der Thatsachen entgeht, auf welche jene sich gründen. Die Thatsache an sich ist aber eben so wenig ein wissenschaftliches Ergebniss, als eine Wissenschaft aus blossen Thatsachen sich zusammensetzt. Was letztere zur Wissenschaft bildet, ist ihre Verknüpfung, durch jene combinatorische Denkthätigkeit, welche die Beziehung der Thatsachen zu einander bestimmt."

Carl Gegenbaur (1872).

Inhalt des zweiundzwanzigsten Vortrages.

Das Locomotorium der Wirbelthiere. Zusammensetzung desselben aus den passiven und activen Bewegungs-Organen (Skelet und Muskeln). Die Bedeutung des inneren Skelets der Wirbelthiere. Zusammensetzung der Wirbelsäule. Bildungs- und Zahlenverhältnisse der Wirbel. Rippen und Brustbein. Keimesgeschichte der Wirbelsäule. Chorda. Urwirbelplatten. Metameren-Bildung. Knorpelige und knöcherne Wirbel. Zwischenwirbelscheiben. Kopf-Skelet (Schädel und Kiemenbogen). Wirbeltheorie des Schädels (Goethe und Oken, Huxley und Gegenbaur). Urschädel oder Primordial-Cranium. Zusammensetzung aus neun bis zehn verschmolzenen Metameren. Kiemenbogen (Kopfrippen). Skelet der beiden Paare Gliedmaassen oder Extremitäten. Entstehung der fünfzehigen Gangfüsse aus der vielzehigen Fischflosse. Die Urflosse der Selachier (Archipterygium von Gegenbaur). Uebergang der gefiederten in die halbgefiederte Flosse. Rückbildung der Flossenstrahlen oder Zehen. Polydactylie und Pentadactylie. Vergleichung der Vorderbeine (Brustflossen) und Hinterbeine (Bauchflossen). Schultergürtel und Beckengürtel. Keimesgeschichte der Gliedmaassen. Entwickelungsgeschichte der Muskeln.

XXII.

Meine Herren!

Unter denjenigen Organisations-Verhältnissen, welche für den Stamm der Wirbelthiere als solchen vorzugsweise charakteristisch sind, nimmt ohne Zweifel die eigenthümliche Einrichtung des Bewegungs-Apparates oder des „Locomotoriums“ eine der ersten Stellen ein. Den wichtigsten Bestandtheil dieses Apparates bilden zwar, wie bei allen höheren Thieren, die activen Bewegungsorgane, die Muskeln; die Stränge des Fleisches, welche vermöge ihrer eigenthümlichen Contractilität, vermöge der Fähigkeit sich zusammenzuziehen und zu verkürzen, die einzelnen Theile des Körpers gegen einander bewegen, und dadurch auch den gesammten Körper von Ort und Stelle bewegen. Aber die Anordnung dieser Muskeln ist bei den Wirbelthieren ganz eigenthümlich und verschieden von derjenigen aller Wirbellosen.

Bei den meisten niederen Thieren, namentlich den Würmern, finden wir, dass die Muskeln eine einfache, dünne, unmittelbar unter der äusseren Hautdecke gelegene Fleischschicht bilden. Dieser „Hautmuskelschlauch“ steht mit der Hautdecke selbst im engsten Zusammenhange, und ähnlich verhält es sich auch im Stamme der Weichthiere. Auch in der grossen Abtheilung der Gliederthiere, in den Klassen der Krebse, Spinnen, Tausendfüsser und Insecten, finden wir noch ein ähnliches Verhältniss, nur mit dem Unterschiede, dass hier die Hautdecke einen festen Panzer bildet: ein aus Chitin (und oft zugleich aus kohlensaurem Kalk) gebildetes starres Hautskelet. Dieser äussere Chitinpanzer erfährt sowohl am Rumpfe, als an den Gliedmaassen der Gliederthiere eine höchst mannichfaltige Gliederung, und dem entsprechend erscheint auch das Muskel-System, dessen contractile Fleischstränge im Inneren der Chitinröhren angebracht sind, ausserordentlich mannichfaltig gegliedert. Den directen

Gegensatz hierzu bilden die Wirbelthiere, bei denen allein sich ein festes inneres Skelet, ein aus Knorpel oder Knochen gebildetes inneres Gerüste entwickelt, an welchem sich die Muskeln des Fleisches äusserlich befestigen und eine feste Stütze finden. Dieses Knochengerüste stellt einen zusammengesetzten Hebelapparat, einen passiven Bewegungs-Apparat dar, dessen starre Theile, die Hebelarme oder Knochen, durch die activ beweglichen Muskelstränge, wie durch Zugseile gegen einander bewegt werden. Dieses ausgezeichnete Locomotorium und namentlich dessen feste centrale Axe, die Wirbelsäule, ist eine besondere Eigenthümlichkeit der Vertebraten, und gerade deshalb hat man ja die ganze Abtheilung schon seit langer Zeit Wirbelthiere genannt.

Nun hat sich aber dieses innere Skelet bei den verschiedenen Klassen der Wirbelthiere trotz der Gleichartigkeit der ersten Anlage so mannichfaltig und eigenthümlich entwickelt, und bei den höheren Abtheilungen derselben zu einem so zusammengesetzten Apparate gestaltet, dass gerade hier die vergleichende Anatomie eine Hauptfundgrube besitzt. Das erkannte bereits die ältere Naturphilosophie im Anfange unseres Jahrhunderts, und bemächtigte sich gleich anfangs mit besonderer Vorliebe dieses höchst dankbaren Materials. Auch die Wissenschaft, die wir gegenwärtig in höherem, philosophischen Sinne „Vergleichende Anatomie“ nennen, hat auf diesem Gebiete ihre reichste Ernte gehalten. Die vergleichende Anatomie der Gegenwart hat das Skelet der Wirbelthiere gründlicher erkannt und seine Bildungsgesetze mit mehr Erfolg entschleiert, als dies bei irgend einem anderen Organ-Systeme des Thierkörpers der Fall gewesen ist. Hier mehr als irgendwo gilt der bekannte und viel citirte Spruch, in welchem Goethe das allgemeinste Resultat seiner Untersuchungen über Morphologie zusammenfasste:

„Alle Gestalten sind ähnlich, doch keine gleichet der andern;
„Und so deutet der Chor auf ein geheimes Gesetz.“

Und heute, wo wir dieses „geheime Gesetz“, dieses „heilige Räthsel“ durch die Descendenz-Theorie gelöst haben, wo wir die Aehnlichkeit der Gestalten durch die Vererbung, ihre Ungleichheit durch die Anpassung erklären, heute können wir in dem ganzen reichen Arsenal der vergleichenden Anatomie keine Waffen finden, welche die Wahrheit der Abstammungslehre kräftiger vertheidigten, als die Vergleichung des inneren Skelets bei den verschiedenen Wir-

belthieren. Wir dürfen daher schon von vornherein erwarten, dass dieselbe auch für unsere Entwickelungsgeschichte des Menschen eine ganz besondere Bedeutung besitzt. Und das ist in der That der Fall. Das innere Skelet der Wirbelthiere ist eins von jenen Organen, über dessen Phylogenie wir durch die vergleichende Anatomie viel wichtigere und tiefere Aufschlüsse erhalten, als durch die Ontogenie. Doch ist uns auch die letztere von grosser Wichtigkeit und dient wesentlich zur Ergänzung der ersteren.

Bei keinem anderen Organ-Systeme drängt sich dem vergleichenden Beobachter so klar und so unmittelbar, wie bei dem inneren Skelet der Wirbelthiere, die Nothwendigkeit des phylogenetischen Zusammenhanges der verwandten und doch so verschiedenen Gestalten auf. Wenn wir das Knochengerüste des Menschen mit demjenigen der übrigen Säugethiere und dieses wiederum mit dem der niederen Wirbelthiere denkend vergleichen, so müssen wir daraus allein schon die Ueberzeugung von der wahren Stammverwandtschaft aller Wirbelthiere schöpfen. Denn alle die einzelnen Theile, welche dieses Knochengerüste zusammensetzen, finden sich zwar in mannichfach verschiedener Form, aber in derselben charakteristischen Lagerung und Verbindung auch bei den anderen Säugethieren vor, und wenn wir von diesen abwärts vergleichend die anatomischen Verhältnisse des Skelets verfolgen, so können wir überall einen ununterbrochenen und unmittelbaren Zusammenhang zwischen den verschiedenartigen und anscheinend so abweichenden Bildungen nachweisen, und alle können wir schliesslich von einer einfachsten gemeinsamen Grundform ableiten. Hieraus allein schon muss sich für jeden Anhänger der Entwickelungslehre mit voller Sicherheit ergeben, dass alle Wirbelthiere mit Inbegriff des Menschen von einer einzigen gemeinsamen Stammform, von einem Urwirbelthiere, abzuleiten sind. Denn die morphologischen Verhältnisse des inneren Skelets und ebenso auch des dazu in engster Wechselbeziehung stehenden Muskelsystems sind der Art, dass man gerade hier unmöglich an einen polyphyletischen Ursprung, an eine Abstammung von mehreren verschiedenen Wurzelformen denken kann. Unmöglich kann man bei reiflichem Nachdenken die Annahme gelten lassen, dass die Wirbelsäule mit ihren verschiedenen Anhängen oder dass das Skelet der Gliedmaassen mit seinen vielfach differenzirten Theilen mehrmals im Laufe der

Achtundzwanzigste Tabelle.

Uebersicht über die Zusammensetzung des menschlichen Skelets.

A. Central-Skelet oder Axen-Skelet. Rückgrat.

Aa: **Wirbelkörper u. Obere Bogen.**		Ab: **Untere Wirbelbogen.**	
1. Schädel (*Cranium*)	1 a Praevertebraler Sch.	1. Kiemenbogen-Producte	*Producta arcuum branchialium*
	1 b Vertebraler Schädel		
2. Wirbelsäule (*Columna vertebralis*)	7 Halswirbel		
	12 Brustwirbel		
	5 Lendenwirbel	2. Rippen und Brustbein	*Costae et Sternum*
	5 Kreuzwirbel		
	4 Schwanzwirbel		

B. Gürtel-Skelet der Gliedmaassen.

Ba: **Gürtel-Skelet der Vorderbeine: Schultergürtel.**		Bb: **Gürtel-Skelet der Hinterbeine: Beckengürtel.**	
1. Schulterblatt	*Scapula*	1. Darmbein	*Os ilium*
(2. Urschlüsselbein	*Procoracoides* †)	2. Schambein	*Os pubis*
(3. Rabenbein	*Coracoides* †)	3. Sitzbein	*Os ischii*
4. Schlüsselbein	*Clavicula*	— — — — — — —	

C. Glieder-Skelet der Gliedmaassen.

Ca: **Glieder-Skelet der Vorderbeine.**		Cb: **Glieder-Skelet der Hinterbeine.**	
I. Erster Abschnitt: Oberarm.		I. Erster Abschnitt: Oberschenkel.	
1. Oberarmbein	*Humerus*	1. Oberschenkelbein	*Femur*
II. Zweiter Abschnitt: Unterarm.		II. Zweiter Abschnitt: Unterschenkel.	
2. Speichenbein	*Radius*	2. Schienbein	*Tibia*
3. Ellenbein	*Ulna*	3. Wadenbein	*Fibula*
III. Dritter Abschnitt: Hand.		III. Dritter Abschnitt: Fuss.	
III. A. Handwurzel.	*Carpus.*	III A. Fusswurzel.	*Tarsus*
Ursprüngliche Stücke	Umgebildete Stücke	Ursprüngliche Stücke	Umgebildete Stücke
a. Radiale	= *Scaphoideum*	a. Tibiale	= *Astragalus*
b. Intermedium	= *Lunatum*	b. Intermedium	
c. Ulnare	= *Triquetrum*	c. Fibulare	= *Calcaneus*
(d. Centrale	= *Intermedium* †)	d. Centrale	= *Naviculare*
e. Carpale I	= *Trapezium*	e. Tarsale I	= *Cuneiforme* I
f. Carpale II	= *Trapezoides*	f. Tarsale II.	= *Cuneiforme* II
g. Carpale III	= *Capitatum*	g. Tarsale III	= *Cuneiforme* III
h. Carpale IV + V	= *Hamatum*	h. Tarsale IV + V	= *Cuboides*
III B. Mittelhand *Metacarpus* (5).		III B. Mittelfuss *Metatarsus* (5).	
III C. Fünf Finger; *Digiti* (14 Knochen: *Phalanges*).		III C. Fünf Zehen; *Digiti* (14 Knochen: *Phalanges*).	

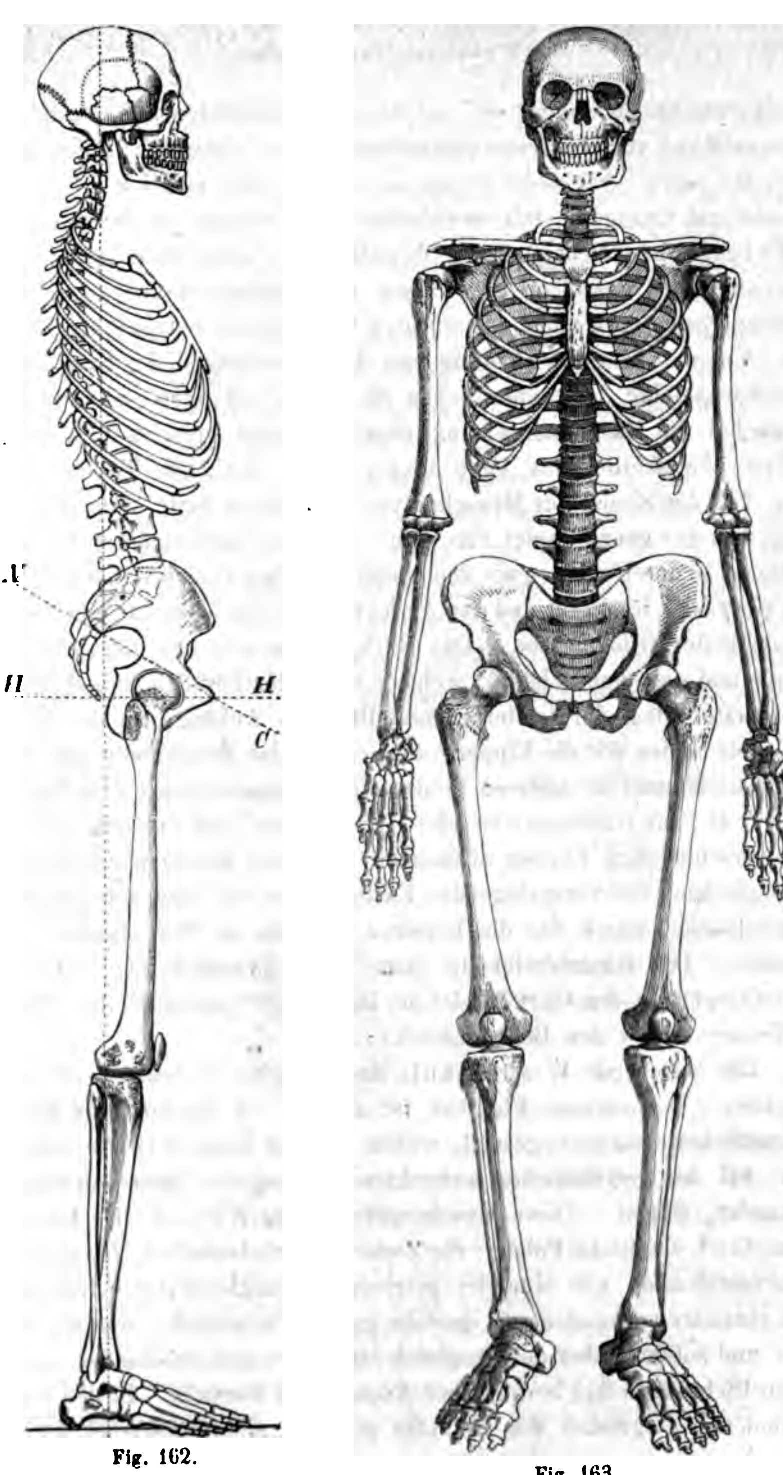


Fig. 162.

Fig. 163.

Erdgeschichte entstanden sei, und dass die verschiedenen Wirbelthiere demnach von verschiedenen Descendenz-Linien wirbelloser Thiere abzuleiten seien. Vielmehr drängt gerade hier die vergleichende Anatomie und Ontogenie mit unwiderstehlicher Gewalt zu der monophyletischen Ueberzeugung, dass das Menschengeschlecht ein jüngstes Aestchen desselben gewaltigen, einheitlichen Stammes ist, aus dessen Zweigwerk auch alle übrigen Wirbelthiere entsprungen sind.

Um nun eine Anschauung von den Grundzügen der Entwickelungsgeschichte des menschlichen Skelets zu erlangen, müssen wir zunächst die Zusammensetzung desselben beim entwickelten Menschen übersichtlich ins Auge fassen (vergl. die 28ste Tabelle und Fig. 162 das Skelet des Menschen von der rechten Seite, ohne Arme; Fig. 163 das ganze Skelet von vorn). Wie bei allen anderen Säugethieren, so unterscheiden wir auch beim Menschen zunächst das Axenskelet oder Rückgrat und das Anhangsskelet oder das Knochengerüste der Gliedmassen. Das Rückgrat besteht aus der Wirbelsäule und aus dem Schädel, welcher das eigenthümlich umgebildete vorderste Stück der letzteren darstellt. Als Anhänge an der Wirbelsäule finden wir die Rippen, am Schädel das Zungenbein und den Unterkiefer und die anderen Producte der Kiemenbogen. Das Skelet der zwei Paar Gliedmaassen oder Extremitäten setzt sich aus zweierlei verschiedenen Theilen zusammen, aus dem Knochengerüste der eigentlichen, frei vorspringenden Extremitäten und aus dem inneren Gürtelskelet, durch das die letzteren sich mit der Wirbelsäule verbinden. Das Gürtelskelet der Arme (oder „Vorderbeine") ist der Schultergürtel; das Gürtelskelet der Beine (oder eigentlich der „Hinterbeine") bildet den Beckengürtel.

Die knöcherne Wirbelsäule des Menschen (*Columna vertebralis* oder *Vertebrarium*, Fig. 164) ist aus 33—34 ringförmigen Knochenstücken zusammengesetzt, welche in einer Reihe hinter einander (bei der gewöhnlichen aufrechten Stellung des Menschen über einander) liegen. Diese Knochenstücke, die Wirbel (*Vertebrae*) sind durch elastische Polster, die Zwischenwirbelscheiben (*Ligamenta intervertebralia*), von einander getrennt und zugleich durch Gelenke mit einander verbunden, so dass die ganze Wirbelsäule zwar ein festes und solides, aber doch zugleich biegsames und elastisches, nach allen Richtungen frei bewegliches Axengerüste darstellt. In den verschiedenen Gegenden des Rumpfes zeichnen sich die Wirbel durch

verschiedene Gestalt und Verbindung aus, und danach unterscheidet man an der menschlichen Wirbelsäule in der Richtung von oben nach unten folgende Gruppen: 7 Halswirbel, 12 Brustwirbel, 5 Lendenwirbel, 5 Kreuzwirbel und 4—5 Schwanzwirbel. Die obersten, zunächst an den Schädel stossenden, sind die **Halswirbel** (Fig. 165), ausgezeichnet durch ein Loch, welches sich in jedem der beiden seitlich abgehenden Querfortsätze findet. Die Zahl der Halswirbel beträgt beim Menschen sieben, und ebenso bei fast allen übrigen Säugethieren, mag nun der Hals so lang sein, wie beim Kameel und der Giraffe, oder so kurz, wie beim Maulwurf und Igel. Diese beständige Siebenzahl, welche nur wenige (durch Anpassung erklärte) Ausnahmen hat, ist ein redender Beweis für die gemeinsame Descendenz aller Säugethiere; sie lässt sich nur durch die strenge Vererbung von einer gemeinsamen Stammform erklären, von einem Ursäugethier, welches sieben Halswirbel besass. Wäre jede Thierart für sich geschaffen worden, so würde es viel zweckmässiger gewesen sein, die langhalsigen Säugethiere mit einer grösseren, die kurzhalsigen mit einer kleineren Anzahl von Halswirbeln auszustatten. Auf die Halswirbel

V

V

Fig. 164.

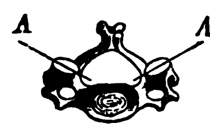


Fig. 165.

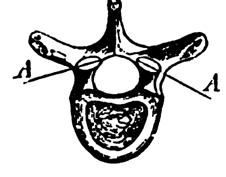


Fig. 166.



Fig. 167.

Fig. 164. Die **Wirbelsäule des Menschen** (in aufrechter Stellung, von der rechten Seite). *V—V* die Verticale. Nach H. Meyer.

Fig. 165. Der **dritte Halswirbel** des Menschen.

Fig. 166. Der **sechste Brustwirbel** des Menschen.

Fig. 167. Der **zweite Lendenwirbel** des Menschen. (Die mit *A* bezeichneten Linien gehen durch die Mitte der Gelenkflächen der Gelenkfortsätze. Nach H. Meyer.)

folgen zunächst die Brustwirbel, deren Zahl beim Menschen wie bei den meisten anderen Säugethieren 12—13 beträgt (gewöhnlich 12). Jeder Brustwirbel (Fig. 166) trägt seitlich, durch Gelenke verbunden, ein Paar Rippen, lange Knochenspangen, welche in der Brustwand liegen und diese stützen. Die zwölf Rippenpaare bilden zusammen mit den verbindenden Zwischenrippenmuskeln und mit dem Brustbein, welches vorn die Enden der rechten und linken Rippen verbindet, den Brustkorb (*Thorax*, Fig. 163 oben). In diesem elastischen und doch festen Brustkorb liegen die beiden Lungen und dazwischen das Herz. Auf die Brustwirbel folgt ein kurzer, aber starker Abschnitt der Wirbelsäule, der aus 5 grossen Wirbeln gebildet wird. Das sind die Lendenwirbel (Fig. 167), welche keine Rippen tragen und keine Löcher in den Querfortsätzen zeigen. Dann folgt dahinter das Kreuzbein, welches zwischen die beiden Hälften des Beckengürtels eingefügt ist. Dieses Kreuzbein wird durch fünf feste, völlig mit einander verschmolzene Kreuzwirbel gebildet. Endlich zuletzt kommt eine kleine, rudimentäre Schwanzwirbelsäule, das sogenannte Steissbein (*Kokkyx*). Dieses Steissbein besteht aus einer wechselnden Anzahl (gewöhnlich 4, seltener 3 oder 5) kleinen verkümmerten Wirbeln, und ist ein nutzloses, rudimentäres Organ, welches sowohl beim Menschen wie bei den schwanzlosen Affen, den Anthropoiden, gar keine physiologische Bedeutung mehr besitzt. (Vergl. Fig. 127—131, S. 488.) Aber morphologisch ist dasselbe von hohem Interesse, als ein unwiderleglicher Beweis, dass der Mensch und die Anthropoiden von langschwänzigen Affen abstammen. Denn nur durch diese Annahme lässt sich die Existenz dieses rudimentären Schwanzes überhaupt erklären. Beim menschlichen Embryo ragt sogar der Schwanz in frühen Perioden der Keimesgeschichte beträchtlich frei hervor. (Vergl. Taf. V, Fig. *M* II und Fig. 73_s, 74_s, S. 264.) Später verwächst er und ist äusserlich nicht mehr sichtbar. Aber die Reste der verkümmerten Schwanzwirbel und der sie früher bewegenden rudimentären Muskeln bleiben zeitlebens bestehen. Nach der Behauptung älterer Anatomen ist das Schwänzchen beim menschlichen Weibe gewöhnlich um einen Wirbel länger als beim Manne (hier vier, dort fünf Wirbel).

Die Zahl der Wirbel in der menschlichen Wirbelsäule beträgt gewöhnlich zusammen 33. Es ist jedoch von Interesse, dass diese Zahl häufig abgeändert wird, indem einer oder der andere

Wirbel ausfällt, oder indem ein neuer überzähliger Wirbel sich einschaltet. Auch bildet sich nicht selten am letzten Halswirbel oder am ersten Lendenwirbel eine frei bewegliche Rippe, so dass dann 13 Brustwirbel neben 6 Halswirbeln oder 4 Lendenwirbeln bestehen. In dieser Weise können die angrenzenden Wirbel der verschiedenen Abtheilungen der Wirbelsäule sich einander stellvertretend ersetzen. Auf der anderen Seite zeigt eine Zusammenstellung der Wirbel-Zahlen verschiedener schwanzloser und geschwänzter Catarhinen, wie beträchtlichen Schwankungen diese Zahlen selbst innerhalb dieser einen Familie unterliegen [122].

	Catarhinen	Hals-wirbel	Brust-wirbel	Lenden-wirbel	Kreuz-wirbel	Schwanz-wirbel	Summa
Schwanzlose	Mensch (Fig. 131)	7	12	5	5	4	33
	Orang (Fig. 128)	7	12	5	4	5	33
	Gibbon (Fig. 127)	7	13	5	4	3	32
	Gorilla (Fig. 130)	7	13	4	4	5	33
	Schimpanse (Fig. 129)	7	14	4	4	5	34
Geschwänzte	Mandrill (*Mormon choras*)	7	13	6	3	5	34
	Drill (*Mormon leucophaeus*)	7	12	7	3	8	37
	Rhesus (*Inuus rhesus*)	7	12	7	2	18	46
	Sphinx (*Papio sphinx*)	7	13	6	3	24	53
	Simpai (*Semnopithecus melas*)	7	12	7	3	31	60

Um die Entwickelungsgeschichte der menschlichen Wirbelsäule zu verstehen, müssen wir nun die Gestalt und Zusammenfügung der Wirbel zunächst noch etwas näher betrachten. Jeder Wirbel hat im Allgemeinen die Gestalt eines Siegelringes (Fig. 165—167). Der dickere Theil desselben, der der Bauchseite zugekehrt ist, heisst der Wirbelkörper und bildet eine kurze Knochenscheibe; der dünnere Theil desselben bildet einen halbkreisförmigen Bogen, den Wirbelbogen, welcher der Rückenseite zugewendet ist. Die Bogen aller hinter einander liegenden Wirbel sind durch dünne „Zwischenbogenbänder" (*Ligamenta intercruralia*) in der Weise mit einander verbunden, dass der von ihnen gemeinschaftlich umschlossene Hohlraum einen langen Canal herstellt. In diesem „Wirbelcanal" liegt, wie Ihnen bereits bekannt ist, der hintere Theil des Centralnervensystems, das Rückenmark. Der vordere Theil desselben, das Gehirn, ist in

der Schädelhöhle eingeschlossen, und der Schädel selbst ist dem entsprechend nichts Anderes, als das vorderste, eigenthümlich umgebildete oder modificirte Stück der Wirbelsäule. Die Basis oder die Bauchseite der blasenförmigen Schädelkapsel ist ursprünglich aus einer Anzahl von verwachsenen Wirbelkörpern, ihre Wölbung oder Rückenseite aus den verschmolzenen oberen Wirbelbogen entstanden, welche zu letzteren gehören.

Während die festen, massiven Wirbelkörper die eigentliche Centralaxe des Skelets herstellen, dienen die dorsalen Bogen zum Schutze des davon umschlossenen Centralmarks. Aehnliche Bogen entwickeln sich aber auch auf der Bauchseite zum Schutze der Brust- und Baucheingeweide. Solche untere oder ventrale Wirbelbogen, die auf der Bauchseite der Wirbelkörper abgehen, bilden bei vielen niederen Wirbelthieren einen Canal, in welchem die grossen Blutgefässe an der unteren Fläche der Wirbelsäule (Aorta und Schwanzvene) eingeschlossen sind. Bei den höheren Wirbelthieren geht die Mehrzahl dieser unteren Wirbelbogen verloren oder wird rudimentär. Aber am Brustabschnitte der Wirbelsäule entwickeln sich dieselben zu selbstständigen starken Knochenbogen, den Rippen (*Costae*). In der That sind die Rippen weiter nichts als mächtige, selbstständig gewordene, untere Wirbelbogen, welche ihre ursprüngliche Verbindung mit den Wirbelkörpern gelöst haben. Desselben Ursprungs sind die Ihnen bereits bekannten Kiemenbogen; diese sind eigentlich Kopfrippen im strengsten Sinne, Fortsätze, welche wirklich aus den unteren Bogen von Schädelwirbeln hervorgegangen sind und den Rippen im Allgemeinen entsprechen. Auch die Verbindungsweise der rechten und linken Bogenhälften auf der Bauchseite ist hier wie dort dieselbe. Der Brustkorb wird vorn dadurch geschlossen, dass sich zwischen die vorderen Rippen das Brustbein (*Sternum*) einschiebt: ein unpaarer Knochen, welcher ursprünglich aus zwei paarigen Seitenhälften entsteht. Ebenso wird der Kiemenkorb vorn dadurch geschlossen, dass zwischen rechte und linke Hälften der Kiemenbogen sich ein unpaares Verbindungsstück einschaltet: der Zungenbeinkörper (*Copula lingualis*).

Wenden wir uns nun von dieser anatomischen Uebersicht über die Zusammensetzung der Wirbelsäule zu der Frage nach ihrer Entwickelung, so kann ich Sie bezüglich der ersten und wichtigsten Entwickelungsverhältnisse auf die Darstellung zurückverweisen, die ich

Ihnen schon früher von der Ontogenese der Wirbelsäule gegeben habe (im XI. Vortrag, S. 244—251). Sie erinnern sich hier zunächst der wichtigen Thatsache, dass beim Embryo des Menschen wie aller anderen Wirbelthiere an Stelle der gegliederten Wirbelsäule anfangs nur ein ganz einfacher, ungegliederter Knorpelstab zu finden ist. Dieser feste, aber biegsame und elastische Knorpelstab ist der Ihnen wohlbekannte Axenstab (Wirbelstrang oder Rückenstrang, *Chorda dorsalis*). Bei dem niedersten Wirbelthiere, beim Amphioxus, bleibt derselbe zeitlebens in dieser einfachsten Gestalt bestehen und vertritt permanent das ganze innere Skelet (Fig. 114, S. 414; Taf. VIII, Fig. 15). Aber auch bei den Tunicaten, bei den wirbellosen nächsten Blutsverwandten der Wirbelthiere, treffen wir dieselbe Chorda bereits an; vorübergehend in dem vergänglichen Larvenschwanze der Ascidien, bleibend bei den Appendicularien (Fig. 112). Unzweifelhaft haben sowohl diese Tunicaten, wie jene Acranier die Chorda bereits von einer gemeinsamen wurmartigen Stammform geerbt, und diese Würmer-Ahnen sind die Chordonier (S. 415).

Lange bevor beim Embryo des Menschen und aller höheren Wirbelthiere eine Spur vom Schädel, von den Extremitäten u. s. w. sichtbar wird, in jener frühen Zeit, in welcher der ganze Körper nur durch die sohlenförmige Keimscheibe dargestellt wird, erscheint in der Mittellinie der letzteren, unmittelbar unter der Primitivrinne oder Markfurche, die einfache Chorda dorsalis. (Vergl. S. 198—205; Fig. 40—42 Flächenansicht; Fig. 43—47 Querschnitt, *ch*; ferner Taf. II, III *ch*.) Als cylindrischer Strang verläuft dieselbe in der Längsachse des Körpers, vorn und hinten gleichmässig zugespitzt. Die Zellen, welche die Chorda zusammensetzen (Fig. 168 *b*), stammen, gleich allen übrigen Zellen des Skelets, vom Hautfaserblatt ab. Sie zeigen am meisten Aehnlichkeit mit gewissen Knorpelzellen; man nimmt zwar oft ein besonderes „Chorda-Gewebe“ an; doch kann man dasselbe auch nur als eine eigenthümliche Art des Knorpelgewebes auffassen. Schon frühzeitig umgiebt sich die Chorda mit einer glashellen, structurlosen Scheide



Fig. 168.

Fig. 168. Ein Stück Axenstab (*Chorda dorsalis*) von einem Schaf-Embryo. *a* Scheide. *b* Zellen. Nach KÖLLIKER.

(Fig. 168 *a*), welche von den Zellen derselben abgeschieden wird (gleich einer Cuticula).

An die Stelle dieses ganz einfachen, ungegliederten, primären Axen-Skelets tritt nun aber bald das gegliederte, secundäre Axen-Skelet, das wir als „Wirbelsäule" bezeichnen. Beiderseits der Chorda differenziren sich aus dem inneren Theile des Hautfaserblattes die Urwirbelstränge oder „Urwirbelplatten" (S. 204, Fig. 46 *u*, 47 *uw*). Der innerste Theil dieser Urwirbelstränge, welcher zunächst die Chorda unmittelbar umschliesst, ist die Skeletplatte oder Skeletogen-Schicht, d. h. die „skeletbildende Zellenschicht", welche die gewebliche Grundlage für die bleibende Wirbelsäule und den Schädel liefert. In der vorderen Körperhälfte bleibt die Urwirbelplatte eine zusammenhängende, einfache, ungetheilte Gewebsschicht und erweitert sich bald zu einer dünnwandigen, das Gehirn umschliessenden Blase, dem primordialen Schädel. In der hinteren Körperhälfte hingegen zerfällt die Urwirbelplatte in eine Anzahl von gleichartigen, würfelförmigen, hinter einander gelegenen Stücken: das sind die einzelnen Urwirbel (S. 241, Fig. 61 *uw*, Fig. 63—65). Die Zahl dieser Urwirbel-Segmente ist anfangs sehr gering, nimmt aber rasch zu, indem der Keim nach hinten sich verlängert. Die ersten und ältesten Urwirbel sind die vordersten Halswirbel; darauf entstehen die hinteren Halswirbel, dann die vorderen Brustwirbel u. s. w. Zuletzt entstehen die hintersten Schwanzwirbel. Dieses successive ontogenetische Wachsthum der Wirbelsäule in der Richtung von vorn nach hinten erklärt sich phylogenetisch dadurch, dass wir den vielgliederigen Wirbelthierkörper als ein secundäres Product anzusehen haben, entstanden durch zunehmende Metameren-Bildung oder Gliederung aus einer ursprünglich ungegliederten Stammform. Ebenso wie die vielgliederigen Würmer (Regenwurm, Blutegel) und die nahe verwandten Gliederthiere (Krebse, Insecten) ursprünglich alle aus einer ungegliederten Wurmform durch terminale Knospenbildung sich entwickelt haben, ebenso ist auch der vielgliederige Wirbelthierkörper aus einer ungegliederten Stammform hervorgegangen und die nächste Verwandte dieser Stammform, welche heute noch lebt, ist die Appendicularie (Fig. 112) und die Ascidie (Fig. 113; Taf. VIII, Fig. 14).

Wie wir schon früher mehrmals betont haben, besitzt diese Urwirbel-Bildung oder „Metameren-Bildung" eine sehr grosse Bedeutung für die höhere morphologische und physiologische Entwicke-

lung der Wirbelthiere (Vergl. S. 245). Denn diese Gliederung beschränkt sich keineswegs auf die Wirbelsäule, sondern trifft in gleichem Maasse das Muskelsystem, Nervensystem, Gefässsystem u. s. w. Ja, wie uns der Amphioxus lehrt, ist sogar die Metamerenbildung am Muskelsystem viel früher dagewesen als am Skelet-System. In der That ist ja auch jeder sogenannte „Urwirbel" viel mehr als bloss die Anlage eines späteren Wirbels. In jedem Urwirbel steckt ausserdem die Anlage zu einem Segment der Rückenmuskeln, zu einem Paar Rückenmarks-Nervenmuskeln u. s. w. Bloss der innerste, unmittelbar der Chorda und dem Markrohr anliegende Theil derselben wird als „Skeletplatte" zur eigentlichen „Wirbelbildung" verwendet. Wie diese eigentlichen Wirbel aus der Skeletplatte der Urwirbel entstehen, haben wir früher schon gesehen. Die ursprünglich getrennten, rechts und links von der Chorda gelegenen Seitenhälften jedes Urwirbels treten mit einander in Verbindung. Die unterhalb des Markrohrs zusammenkommenden Bauchkanten beider Hälften umwachsen die Chorda und bilden so die Grundlage der Wirbelkörper. Die oberhalb des Markrohrs sich vereinigenden Rückenkanten beider Hälften bilden die Anlage des Wirbelbogens. Wie dies geschieht, haben wir früher schon ausführlich dargestellt. (Vergl. S. 214—216, Fig. 50—53; ferner S. 250 und Taf. II, Fig. 3—8.)

Bei allen Schädelthieren verwandeln sich die weichen, indifferenten Zellen, welche die Skeletplatte ursprünglich zusammensetzen, später grösstentheils in Knorpelzellen, welche eine feste und elastische Zwischenmasse („Intercellular-Substanz") zwischen sich ausscheiden und Knorpelgewebe erzeugen. Gleich den meisten anderen Skelettheilen gehen so auch die Wirbelanlagen bald in einen knorpeligen Zustand über, und bei den höheren Wirbelthieren tritt später an die Stelle des Knorpelgewebes das starre Knochengewebe. Die ursprüngliche Axe der Wirbelsäule, die Chorda, wird durch das ringsum wuchernde Knorpelgewebe mehr oder weniger verdrängt. Bei den niederen Wirbelthieren (namentlich bei den Urfischen) bleibt ein mehr oder weniger ansehnlicher Theil der Chorda in den Wirbelkörpern erhalten. Bei den Säugethieren hingegen verschwindet sie zum grössten Theile. Schon am Ende des zweiten Monats erscheint die Chorda beim menschlichen Embryo nur als ein dünner Faden, welcher durch die Axe der dicken, knorpeligen Wirbelsäule hindurchzieht (Fig. 169 *ch*). In den knorpeligen Wirbelkörpern selbst, die später ver-

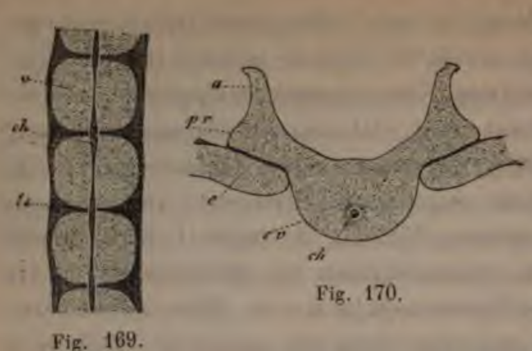


Fig. 169. Fig. 170.

knöchern, verschwindet der dünne Chorda-Rest (Fig. 170 *ch*) bald gänzlich. In den elastischen „Zwischenwirbelscheiben“ hingegen, welche sich zwischen je zwei Wirbelkörpern aus der Skeletplatte entwickeln (Fig. 169 *li*), bleibt ein Rest der Chorda zeitlebens bestehen. Beim neugebornen Kinde ist in jeder Zwischenwirbelscheibe eine grosse birnförmige Höhle sichtbar, die mit einer gallertartigen Zellenmasse erfüllt ist (Fig. 171 *a*). Wenn auch weniger scharf abgegränzt, bleibt dieser „Gallertkern“ der elastischen Knorpelscheiben doch bei allen Säugethieren zeitlebens bestehen, während bei den Vögeln und Reptilien auch der letzte Rest der Chorda verschwindet. Bei der späteren Verknöcherung der knorpeligen Wirbel entsteht die erste Ablagerung von Knochensubstanz (der „erste Knochenkern“) im Wirbelkörper unmittelbar um den Chorda-Rest herum und verdrängt letzteren bald ganz. Sodann entsteht ein besonderer „Knochenkern“ in jeder Hälfte des knorpeligen Wirbelbogens. Erst nach der Geburt schreitet die Verknöcherung so weit fort, dass sich die drei Knochenkerne nähern. Im ersten Jahre verschmelzen die beiden knöchernen Bogenhälften, aber erst

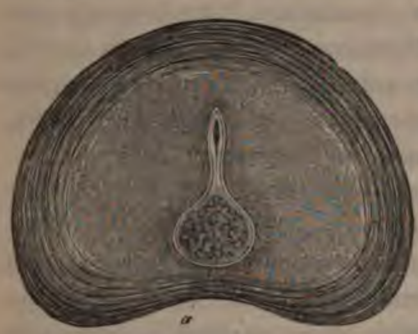


Fig. 171.

Fig. 169. Drei Brustwirbel eines menschlichen Embryo von acht Wochen, im lateralen Längsschnitt. *v* Knorpelige Wirbelkörper. *li* Zwischenwirbelscheiben. *ch* Chorda. Nach KÖLLIKER.

Fig. 170. Ein Brustwirbel desselben Embryo, im lateralen Querschnitt. *cv* Knorpeliger Wirbelkörper. *ch* Chorda. *pr* Querfortsatz. *a* Wirbelbogen (oberer Bogen). *c* Oberes Ende der Rippe (unterer Bogen). Nach KÖLLIKER.

Fig. 171. Zwischenwirbelscheibe eines neugebornen Kindes, im Querschnitt. *a* Rest der Chorda. Nach KÖLLIKER.

viel später, im zweiten bis achten Jahre, verbinden sie sich mit dem knöchernen Wirbelkörper.

In ganz ähnlicher Weise wie die knöcherne Wirbelsäule entwickelt sich auch der knöcherne Schädel (*Cranium*), den wir als den vordersten, eigenthümlich umgebildeten Abschnitt der Wirbelsäule betrachten müssen. Wie der Wirbelcanal der letzteren das Rückenmark schützend umgiebt, so bildet der Schädel eine knöcherne Umhüllung für das Gehirn; und da das Gehirn nur das vorderste, eigenthümlich differenzirte Stück des Rückenmarks darstellt, so werden wir von vornherein schon erwarten dürfen, dass auch die knöcherne Umhüllung des ersteren als besondere Modification von derjenigen des letzteren sich ergeben wird. Wenn man freilich den ausgebildeten menschlichen Schädel (Fig. 172) allein für sich betrachtet, so wird man nicht begreifen, wie derselbe nur das umgebildete Vordertheil der Wirbelsäule sein kann. Denn da finden wir ein verwickeltes, umfangreiches Knochengebäude, das aus nicht weniger als zwanzig Knochen von ganz verschiedener Gestalt und Grösse zusammengesetzt ist. Sieben von diesen Schädelknochen bilden die geräumige Kapsel, welche das Gehirn umschliesst und an welcher wir unten den festen, massiven Schädelgrund (*Basis cranii*), oben das stark gewölbte Schädeldach (*Fornix cranii*) unterscheiden. Die dreizehn übrigen Knochen umschliessen den „Gesichtsschädel“, welcher vorzugsweise die knöchernen Umhüllungen für die höheren Sinnesorgane bildet und zugleich als Kiefergerüste den Eingang in den Darmcanal umschliesst. An dem Schädelgrunde ist der Unterkiefer eingelenkt (gewöhnlich als XXI. Schädelknochen betrachtet) und dahinter finden wir in der Zungenwurzel versteckt das Zungenbein, gleich dem ersteren aus den Kiemenbogen entstanden und mithin ein Theil der unteren Bogen, die als „Kopfrippen“ aus der Bauchseite der Schädelbasis sich ursprünglich entwickelt haben.

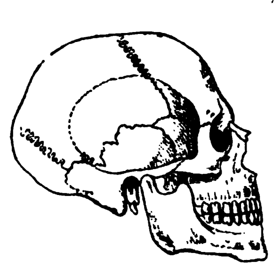


Fig. 172.

Obgleich nun so der ausgebildete Schädel der höheren Wirbelthiere durch seine ganz eigenthümliche Gestalt, seine viel bedeutendere Grösse und seine weit verwickeltere Zusammensetzung nichts

Fig. 172. Der Schädel des Menschen. von der rechten Seite. Nach MEYER.

mit gewöhnlichen Wirbeln gemein zu haben scheint, so kam doch schon die ältere vergleichende Anatomie am Ende des vorigen Jahrhunderts auf den ganz richtigen Gedanken, dass der Schädel ursprünglich weiter nichts als eine Reihe von umgebildeten Wirbeln darstelle. Als GOETHE im Jahre 1790 „aus dem Sande des dünenhaften Judenkirchhofs von Venedig einen zerschlagenen Schöpsenkopf aufhob, gewahrte er augenblicklich, dass die Gesichtsknochen gleichfalls aus Wirbeln abzuleiten seien (gleich den drei hintersten Schädelwirbeln)". Und als OKEN (ohne von GOETHE's Fund zu wissen) im Jahre 1806 am Ilsenstein, auf dem Wege zum Brocken, „den schönsten gebleichten Schädel einer Hirschkuh fand, da fuhr es ihm wie ein Blitz durch Mark und Bein: Es ist eine Wirbelsäule". [123])

Diese berühmte „Wirbeltheorie des Schädels" hat seit siebzig Jahren die hervorragendsten Zoologen interessirt; die bedeutendsten Vertreter der vergleichenden Anatomie haben an der Lösung dieses philosophischen „Schädel-Problems" ihren Scharfsinn geübt; auch weitere Kreise haben Antheil daran genommen. Aber erst im Jahre 1872 ist die glückliche Lösung desselben nach siebenjähriger Arbeit demjenigen vergleichenden Anatomen gelungen, der sowohl durch den Reichthum an gediegenen empirischen Kenntnissen, wie durch die geniale Tiefe seiner philosophischen Speculation alle andern Vertreter dieser Wissenschaft überflügelt. CARL GEGENBAUR hat in seinen classischen „Untersuchungen zur vergleichenden Anatomie der Wirbelthiere" (im dritten Hefte) das Kopfskelet der Selachier als diejenige Urkunde nachgewiesen, die allein im Stande ist, die Wirbeltheorie des Schädels endgültig zu begründen. Die frühere vergleichende Anatomie war irrthümlich von dem entwickelten Säugethierschädel ausgegangen und hatte die einzelnen Knochen, welche denselben zusammensetzen, mit den einzelnen Bestandtheilen der Wirbel verglichen; sie glaubte auf diesem Wege den Beweis führen zu können, dass der ausgebildete Schädel des Säugethieres aus drei bis sechs ursprünglichen Wirbeln zusammengesetzt sei. Der hinterste dieser „Schädelwirbel" sollte das Hinterhauptsbein sein. Ein zweiter und dritter sollte durch das Keilbein mit den Scheitelbeinen, dem Stirnbein u. s. f. gebildet werden. Sogar in den Knochen des Gesichtsschädels glaubte man noch die Elemente von vorderen Schädelwirbeln zu finden. Hiergegen machte zuerst der ausgezeichnete englische Anatom HUXLEY mit Recht geltend, dass dieser knöcherne

Schädel ursprünglich beim Embryo sich aus einer einfachen knorpeligen Blase entwickele, und dass an diesem einfachen knorpeligen „Urschädel“ keine Spur einer Zusammensetzung aus wirbelartigen Theilen nachzuweisen sei. Dasselbe gilt von dem Schädel der niedersten und ältesten Schädelthiere, der Cyclostomen und Selachier. Hier bleibt sogar der Schädel zeitlebens in Gestalt einer ganz einfachen Knorpelkapsel, als ungegliederter „Urschädel oder Primordial-Cranium“ bestehen. Wäre aber jene ältere Schädeltheorie, wie sie nach GOETHE und OKEN von den meisten vergleichenden Anatomen festgehalten wurde, richtig, so müsste gerade bei diesen niedersten Schädelthieren und ebenso beim Embryo der höheren Cranioten die Zusammensetzung des „Urschädels“ aus einer Reihe von „Schädelwirbeln“ am deutlichsten hervortreten.

Schon durch diese einfache und naheliegende, aber doch erst von HUXLEY gehörig betonte Erwägung wird eigentlich die berühmte „Wirbeltheorie des Schädels“ im Sinne der älteren vergleichenden Anatomen widerlegt. Aber trotzdem bleibt ihr vollkommen richtiger Grundgedanke bestehen, die Annahme, dass der Schädel ebenso aus dem vorderen Theile der Wirbelsäule, wie das Gehirn aus dem vorderen Theile des Rückenmarks durch Differenzirung und eigenthümliche Umbildung entstanden sei. Es galt nun aber, den richtigen Weg zu entdecken, auf welchem diese philosophische Annahme empirisch zu begründen sei; und die Entdeckung dieses Weges ist das Verdienst von GEGENBAUR[124]. Er betrat zuerst den phylogenetischen Weg, der hier, wie in allen morphologischen Fragen, am sichersten und kürzesten zum Ziele führt. Er zeigte, dass die Urfische oder Selachier (S. 435, Fig. 117, 118), als die Stammformen aller Amphirhinen, in ihrer Schädelbildung noch heute diejenige Form des Urschädels bleibend conserviren, aus welcher der umgebildete Schädel der höheren Wirbelthiere, und also auch des Menschen, phylogenetisch entstanden ist. Er zeigte ferner, dass die Kiemenbogen der Selachier eine ursprüngliche Zusammensetzung ihres Urschädels aus einer grösseren Zahl — mindestens 9—10 — Urwirbeln beweisen, und dass die Gehirn-Nerven, welche von der Gehirn-Basis abtreten, diesen Beweis durchaus bestätigen. Diese Gehirn-Nerven sind — mit Ausnahme des ersten und zweiten Paares, des Geruchsnerven und Sehnerven, — lediglich umgebildete Rückenmarks-Nerven und verhalten sich in ihrer peripherischen Ausbreitung den

letzteren wesentlich gleich. Die vergleichende Anatomie dieser Gehirn-Nerven gehört zu den wichtigsten Argumenten der neuen Wirbeltheorie des Schädels.

Es würde uns hier viel zu weit abführen, wollten wir in die Einzelheiten dieser geistreichen Schädeltheorie von GEGENBAUR eingehen, und ich muss mich begnügen, Sie auf das angeführte ausgezeichnete Werk zu verweisen, in welchem Sie die vollendete empirisch-philosophische Begründung derselben finden. Einen kurzen Auszug enthält desselben Morphologen „Grundriss der vergleichenden Anatomie" (1874), dessen Studium ich Ihnen überhaupt nicht dringend genug empfehlen kann. GEGENBAUR führt hier als ursprüngliche „Schädel-Rippen" oder „untere Bogen der Schädelwirbel" am Selachier-Schädel (Fig. 173) folgende Bogen-Paare auf: I und II. Zwei Lippenknorpel, von denen der vordere (*a*) nur aus einem oberen, der hintere (*bc*) aus einem oberen und unteren Stück zusammengesetzt ist; III. den Kieferbogen, ebenfalls aus zwei Stücken jederseits bestehend: aus dem Uroberkiefer (*Os palato-quadratum*, *o*) und dem Urunterkiefer (*u*); IV. den Zungenbogen (II) und V—X. Sechs eigentliche Kiemenbogen im engeren Sinne (Fig. 174, III—VIII). Aus dem anatomischen Verhalten dieser 9—10 Schädelrippen oder „unteren Wirbelbogen" und der auf ihnen sich ausbreitenden Gehirn-Nerven ergiebt sich, dass der scheinbar einfache knorpelige „Urschädel" der Selachier ursprünglich aus eben so vielen (mindestens neun!) Urwirbeln entstanden ist. Aus den Wirbelkörpern derselben ist die Schädelbasis, aus den oberen Wirbelbogen das Schädeldach enstanden. Die Verwachsung und Verschmelzung derselben zu einer einzigen Kapsel ist aber so uralt, dass ihre ursprüngliche Trennung gegenwärtig nach dem



Fig. 173.

Fig. 173. Kopfskelet eines Urfisches. *n* Nasengrube, *eth* Siebbeingegend, *orb* Augenhöhle, *la* Ohrlabyrinthwand, *occ* Hinterhauptgegend des Urschädels. *cv* Wirbelsäule. *a* Vorderer, *bc* hinterer Lippenknorpel. *o* Uroberkiefer (*Palato-quadratum*), *u* Urunterkiefer. II. Zungenbogen. III—VIII. Erster bis sechster Kiemenbogen. Nach GEGENBAUR.

„Gesetze der abgekürzten Vererbung“ verwischt erscheint und in der Ontogenese nicht mehr nachzuweisen ist.

Beim Urschädel des Menschen (Fig. 174) und aller höheren Wirbelthiere, der phylogenetisch aus dem Urschädel der Selachier entstanden ist, finden Sie zwar in einer gewissen früheren Periode der Entwickelung fünf hinter einander liegende Abschnitte vor, die man versucht sein könnte, auf fünf ursprüngliche Urwirbel zu beziehen; allein diese Abschnitte sind lediglich durch Anpassung an die fünf primitiven Hirnblasen entstanden, und entsprechen vielmehr gleich diesen einer grösseren Zahl von Metameren. Dass in dem Urschädel der Säugethiere bereits ein sehr modificirtes und stark umgebildetes Organ und keineswegs eine primitive Bildung vorliegt, beweist auch der Umstand, dass die ursprünglich weichhäutige Anlage desselben hier nur an der Basis und den Seitentheilen zum grössten Theile in den knorpeligen Zustand übergeht, an dem Schädeldach hingegen häutig oder membranös bleibt. Hier entwickeln sich die Knochen des späteren knöchernen Schädels als äussere Deckknochen auf der weichhäutigen Grundlage, ohne dass, wie an der Schädel-Basis, ein knorpeliges Zwischenstadium vorausgeht. So ist überhaupt ein grosser Theil der Schädelknochen als Deckknochen aus der äusseren Lederhaut ursprünglich entstanden und erst secundär in die nähere Beziehung zum Schädel getreten. Wie jene einfachste primordiale Anlage des Urschädels beim Menschen aus den „Kopfplatten“ ontogenetisch sich bildet und wie dabei das vorderste Ende der Chorda in die Schädelbasis eingeschlossen wird, haben wir bereits früher nachgewiesen. (Vergl. S. 251 und Fig. 90, 91, S. 280.)



Fig. 174.

Auch von der Entwickelungsgeschichte der Kiemenbogen, die wir also jetzt als wahre Kopfrippen zu betrachten haben, ist Ihnen

Fig. 174. Urschädel des menschlichen Embryo von vier Wochen, senkrecht durchschnitten und die linke Hälfte von innen her betrachtet. *v*, *z*, *m*, *h*, *n* die fünf Gruben der Schädelhöhle, in denen die fünf Hirnblasen liegen (Vorderhirn, Mittelhirn, Zwischenhirn, Hinterhirn und Nachhirn). *o* birnförmiges primäres Gehörbläschen (durchschimmernd). *a* Auge (durchschimmernd). *no* Sehnerv. *p* Canal der Hypophysis. *t* Mittlerer Schädelbalken. Nach Kölliker.

das Wichtigste bereits bekannt. Von den vier ursprünglich angelegten Kiemenbogen der Säugethiere (Taf. I und V; Fig. 70, S. 252) liegt der erste zwischen der primitiven Mundöffnung und der ersten Kiemenspalte. Aus der Basis dieses ersten Kiemenbogens wächst der „Oberkieferfortsatz" hervor, der in der früher bereits beschriebenen Weise sich mit dem inneren und äusseren Nasenfortsatze jederseits vereinigt und die wichtigsten Theile des Oberkiefer-Gerüstes bildet (Gaumenbeine, Flügelbeine u. s. w.). (Vergl. S. 542—545). Der übrige Theil des ersten Kiemenbogens, den man nun im Gegensatze dazu als „Unterkieferfortsatz" bezeichnet, bildet aus seiner Basis zwei Gehörknöchelchen (Hammer und Ambos) und verwandelt sich im übrigen Theile in einen langen Knorpelstreifen, den nach seinem Entdecker benannten „Meckel'schen Knorpel". An der Aussenfläche dieses letzteren entsteht als „Deckknochen oder Belegknochen" (aus dem Zellenmaterial der Lederplatte) der bleibende knöcherne Unterkiefer. Aus dem Anfangstheile oder der Basis des zweiten Kiemenbogens entsteht bei den Säugethieren das dritte Gehörknöchelchen: der Steigbügel (S. 562), und aus den folgenden Theilen der Reihe nach: der Steigbügel-Muskel, der Griffelfortsatz des Schläfenbeins, das Griffel-Zungenbeinband und das kleine Horn des Zungenbeins. Der dritte Kiemenbogen endlich wird nur im vordersten Theile knorpelig und hier entsteht durch Vereinigung seiner beiden Hälften der Körper des Zungenbeins (die *Copula hyoidea*) und das grosse Horn derselben auf jeder Seite. Der vierte Kiemenbogen erscheint beim Embryo der Säugethiere nur vorübergehend als rudimentäres Embryonal-Organ, ohne sich zu besonderen Theilen zu entwickeln; und von den hinteren Kiemenbogen (fünftes und sechstes Paar), die bei den Selachiern bleibend bestehen, ist beim Embryo der höheren Wirbelthiere überhaupt keine Spur mehr zu finden. Diese sind längst verloren gegangen. Auch die vier Kiemenspalten des menschlichen Embryo sind bloss als vorübergehende rudimentäre Organe von Interesse, die durch Verwachsung bald ganz verschwinden. Nur die erste Kiemenspalte (zwischen erstem und zweitem Kiemenbogen) hat bleibende Bedeutung, indem sich aus ihr die Trommelhöhle nebst der Eustachischen Ohrtrompete entwickelt. (Vergl. S. 560 und Taf. I nebst Erklärung.)

Wie uns CARL GEGENBAUR so durch seine mustergültigen „Untersuchungen zur vergleichenden Anatomie der Wirbelthiere" zuerst

das wahre Verständniss des Schädels und seines Verhältnisses zur Wirbelsäule eröffnet hat, so hat er auch die nicht minder schwierige und interessante Aufgabe gelöst, das Skelet der Gliedmaassen bei allen Wirbelthieren von einer und derselben Urform phylogenetisch abzuleiten. Wenige Theile des Körpers sind bei den verschiedenen Wirbelthieren durch mannichfaltige Anpassung in Bezug auf Grösse, Form und bestimmte „zweckmässige Einrichtung" so unendlich vielfachen Umbildungen unterworfen, wie die Gliedmaassen, und doch sind wir jetzt im Stande, sie alle auf eine und dieselbe erbliche Grundform zurückzuführen. Im Allgemeinen können wir bezüglich der Gliedmaassen-Bildung unter den Wirbelthieren drei grosse Hauptgruppen unterscheiden. Die niedersten und ältesten Wirbelthiere, die Schädellosen und Kieferlosen, besassen gleich ihren wirbellosen Vorfahren überhaupt noch gar keine paarigen Gliedmaassen, wie uns noch heute Amphioxus und die Cyclostomen (S. 426) bezeugen. Eine zweite Hauptgruppe bilden die drei Klassen der echten Fische, der Dipneusten und Seedrachen (Halisaurier, S. 441); hier sind ursprünglich überall zwei paar seitliche Gliedmaassen vorhanden, und zwar in Gestalt von vielzehigen Ruderflossen, ein paar Brustflossen (Vorderbeine) und ein paar Bauchflossen (Hinterbeine). Die dritte Hauptgruppe endlich wird durch die vier höheren Wirbelthierklassen: Amphibien, Reptilien, Vögel und Säugethiere gebildet; hier sind ursprünglich dieselben zwei Beinpaare vorhanden, aber in Gestalt von fünfzehigen Füssen. Oft sind weniger als fünf Zehen ausgebildet; bisweilen sind auch die Füsse ganz rückgebildet. Aber die ursprüngliche Stammform der ganzen Gruppe besass vorn und hinten fünf Zehen oder Finger (Pentadactylie, S. 444).

Für die Phylogenie der Gliedmaassen ergiebt sich also aus ihrer vergleichenden Anatomie, dass dieselben zuerst bei den Fischen und zwar bei den Urfischen entstanden sind, von denen sie sich auf alle höheren Wirbelthiere (alle Amphirhinen) vererbt haben, zunächst als vielzehige Schwimmflossen, später als fünfzehige Füsse (Fig. 176). Die vordere Extremität, die Brustflosse oder das Vorderbein, ist ursprünglich ganz ebenso gebildet, wie die hintere Gliedmaasse, die Bauchflosse oder das Hinterbein. An der letzteren sowohl wie an der ersteren können wir von der eigentlichen, äusserlich frei vortretenden Gliedmaasse den innerlich verborgenen

Gürtel unterscheiden, durch welchen dieselben an der Wirbelsäule befestigt ist: vorn den Schultergürtel, hinten den Beckengürtel.

Die wahre Urform der paarigen Gliedmaassen, wie sie die ältesten Urfische während der silurischen Periode besassen, zeigt uns noch heute in vollständiger Erhaltung der alte Lurchfisch Australiens, der merkwürdige Ceratodus (S. 442, Taf. IX). Sowohl die Brustflosse, wie die Bauchflosse ist hier eine platte, ovale Ruderschaufel, in welcher wir ein gefiedertes oder zweizeiliges (biseriales) Knorpel-Skelet finden (Taf. IX, Fig. 3). Dieses besteht erstens aus einem starken gegliederten Flossenstabe (oder „Stamme", Fig. 3*a, b*), der die Flosse von der Basis bis zur Spitze durchzieht, und zweitens aus einer Doppelreihe von dünnen gegliederten Flossenstrahlen (oder Radien, Fig. 3*cd*), welche sich an beide Seiten des Flossenstabes ansetzen, gleich den Fiedern eines gefiederten Blattes. Durch einen einfachen Gürtel in Gestalt eines Knorpelbogens ist diese Urflosse, welche GEGENBAUR zuerst erkannt und Archipterygium genannt hat, an der Wirbelsäule befestigt[125].

Auch bei einigen Haifischen und Rochen findet sich (besonders in früher Jugend) noch dieselbe Urflosse in mehr oder weniger veränderter Form vor. Bei der Mehrzahl der Urfische aber wird dieselbe bereits dadurch wesentlich umgebildet, dass die Flossenstrahlen an der einen Seite des Flossenstabes theilweise oder ganz verloren gehen und nur an der anderen Seite desselben erhalten bleiben. So entsteht die halbgefiederte oder einzeilige (uniseriale) Fischflosse, die sich von den Urfischen auf die übrigen Fische vererbt hat (Fig. 175).

Wie aus dieser halbgefiederten Fischflosse das fünfzehige Bein der Amphibien (Fig. 176) entstanden ist, welches sich auf die drei Amnioten-Klassen vererbte, hat uns erst GEGENBAUR gelehrt. Es sind nämlich bei denjenigen Dipneusten, welche die Stammeltern der Amphibien wurden, auch die Flossenstrahlen an der anderen Seite des Flossenstabes allmählich rückgebildet worden und grösstentheils verloren gegangen (die in Fig. 175 hell gehaltenen Knorpel). Nur die vier untersten Flossenstrahlen (in Fig. 175 dunkel schraffirt) blieben erhalten; und das sind die vier äusseren Zehen des Fusses (zweite bis fünfte Zehe). Die erste oder grosse Zehe hingegen entstand aus dem unteren Ende des Flossenstabes, wie Ihnen Fig. 175 deutlich darthut. Aus dem mittleren und oberen Theile des Flossenstabes

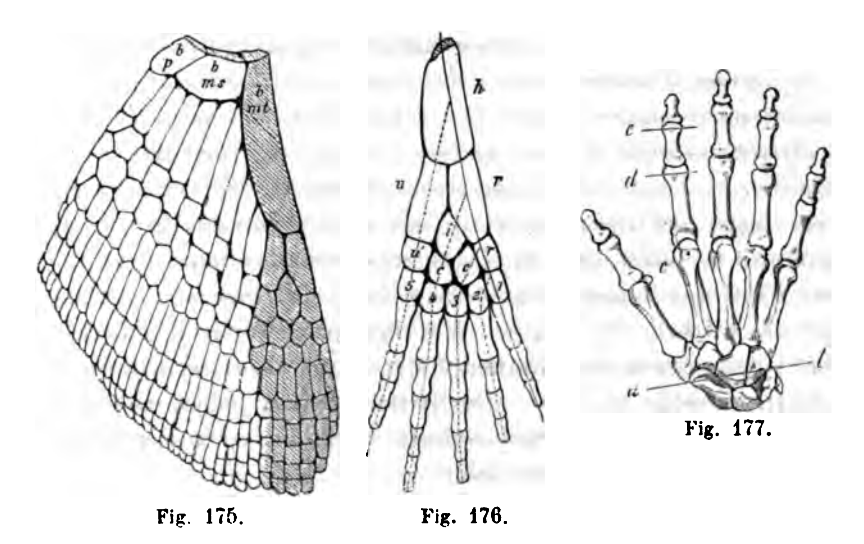


Fig. 175. Fig. 176. Fig. 177.

entwickelte sich der lange Gliedmaassen-Stiel, der als Unterschenkel (r und u) und als Oberschenkel (h) bei den höheren Wirbelthieren so bedeutend hervortritt.

So entstand durch allmähliche Rückbildung und Differenzirung aus der vielzehigen Fischflosse der fünfzehige Fuss der Amphibien, den wir zuerst bei den Sozobranchien antreffen (Taf. X, Fig. 4 und der sich von da aus auf die Reptilien einerseits, auf die Säugethiere anderseits bis zum Menschen hinauf vererbt hat (Fig. 177). Mit der Reduction der Flosssenstrahlen bis auf vier erfolgte gleichzeitig die weitere Differenzirung des Flossenstabes, seine quere Gliederung in obere und untere Schenkelhälften, und die Umbildung des Gliedergürtels, der bei den höheren Wirbelthieren vorn wie hinten ur-

Fig. 175. **Brustflosse eines Urfisches** oder Selachiers. Der dunkel schraffirte Theil rechts ist derjenige Abschnitt, der in die fünffingerige Hand der höheren Wirbelthiere sich fortsetzt. (*b* Die drei Basalstücke der Flosse: *mt* Metapterygium, Grundlage des Humerus. *ms* Mesopterygium. *p* Propterygium.) Nach GEGENBAUR.

Fig. 176. **Vorderbein eines Amphibiums.** *h* Oberarm (Humerus.) *ru* Unterarm, *r* Radius, *u* Ulna.) *rciu* Handwurzelknochen der ersten Reihe (*r* radiale, *i* intermedium, *c* centrale, *u* ulnare). 1, 2, 3, 4, 5 Handwurzelknochen der zweiten Reihe. Nach GEGENBAUR.

Fig. 177. **Hand-Skelet des Menschen** (von der Rückenseite). *qu* Drehaxe des Gelenks zwischen den Handwurzelknochen erster und zweiter Reihe. *ops* Drehaxen der Finger-Gelenke. Nach H. MEYER.

sprünglich aus drei Knochen zusammengesetzt ist. Es zerfällt nämlich der einfache Bogen des ursprünglichen Schultergürtels jederseits in ein oberes (dorsales) Stück: das Schulterblatt (*Scapula*), und in ein unteres (ventrales) Stück; der vordere Theil des letzteren bildet das Urschlüsselbein (*Procoracoideum*), der hintere Theil das Rabenbein (*Coracoideum*). Ganz entsprechend sondert sich auch der einfache Bogen des Beckengürtels in ein oberes (dorsales) Stück: das Darmbein (*Os ilium*), und in ein unteres (ventrales Stück); der vordere Theil des letzteren bildet das Schambein (*Os pubis*), der hintere das Sitzbein (*Os ischii*). Wie diese drei Theile des Beckengürtels denjenigen des Schultergürtels entsprechen, zeigt Ihnen die XXVIII. Tabelle (S. 570). Der letztere besitzt jedoch ausserdem noch in dem secundären Schlüsselbein (*Clavicula*) einen vierten Knochen, welcher dem ersteren fehlt.

Wie am Gürtel, so ist auch am Stiele der Gliedmaassen die Uebereinstimmung zwischen der vorderen und hinteren Extremität ursprünglich ganz vollständig. Der erste Abschnitt des Stieles wird nur durch einen einzigen starken Knochen gestützt: vorn den Oberarm (*Humerus*), hinten den Oberschenkel (*Femur*). Der zweite Abschnitt enthält dagegen zwei Knochen: vorn Speiche (*Radius*, Fig. 176 *r*) und Ellbogen (*Ulna*, Fig. 176 *u*); hinten entsprechend Schienbein (*Tibia*) und Wadenbein (*Fibula*). (Vergl. die Skelete Fig. 120 und 127—131.) Auch die darauf folgenden zahlreichen, kleinen Knochen der Handwurzel (*Carpus*) und der Fusswurzel (*Tarsus*) sind vorn und hinten entsprechend angeordnet: ebenso die fünf Knochen der Mittelhand (*Metacarpus*) und des Mittelfusses (*Metatarsus*). Dasselbe gilt endlich auch von den daran angefügten fünf Zehen selbst, die in ihrer charakteristischen Zusammensetzung aus einer Reihe von Knochenstückchen vorn und hinten ganz gleiche Verhältnisse zeigen. Wie im Einzelnen die Theile der vorderen und hinteren Gliedmaassen zu vergleichen sind, hat der ausgezeichnete Morphologe CHARLES MARTINS in Montpellier ausführlich gezeigt [126].

Wenn wir nun so durch die vergleichende Anatomie erfahren, dass das Skelet der Gliedmaassen beim Menschen ganz aus denselben Knochen in derselben Weise zusammengesetzt ist, wie das Skelet in den vier höheren Wirbelthier-Klassen, so werden wir schon daraus auf eine gemeinsame Descendenz derselben von einer einzigen Stammform schliessen dürfen. Diese Stammform war das älteste

Amphibium, welches vorn und hinten fünf Zehen besass. Allerdings ist besonders der äusserste Abschnitt der Gliedmaassen durch Anpassung an verschiedene Lebensbedingungen merkwürdig umgebildet. Denken Sie nur daran, welche Verschiedenheiten derselbe innerhalb der Säugethier-Klasse darbietet. Da stehen gegenüber die schlanken Beine des flüchtigen Hirsches und die starken Springbeine des Känguruh, die Kletterfüsse des Faulthieres und die Grabschaufeln des Maulwurfs, die Ruderflossen des Walfisches und die Flügel der Fledermaus. Gewiss wird Jeder zugestehen, dass diese Locomotions-Organe in Bezug auf Grösse, Form und specielle Function so verschieden sind, als sie nur gedacht werden können. Und doch ist das innere Knochengerüst in allen wesentlich dasselbe. Doch finden wir in allen diesen verschiedenen Beinen immer dieselben charakteristischen Knochen in derselben wesentlichen, streng erblichen Verbindungsweise wieder: ein Beweis für die Descendenztheorie, wie ihn die vergleichende Anatomie an einem anderen Organe kaum glänzender liefern kann. (Vergl. Taf. IV, S. 363 meiner „Natürlichen Schöpfungsgeschichte“.) Allerdings erleidet das Skelet in den Gliedmaassen der verschiedenen Säugethiere ausser den speciellen Anpassungen auch vielfache Verkümmerungen und Rückbildungen (Fig. 178). So finden wir schon in dem Vorderfuss (oder der Hand) des Hundes die erste Zehe oder den Daumen rückgebildet (Fig. 178, II). Beim Schwein (III) und beim Tapir (V) ist dieselbe ganz verschwunden. Bei den Wiederkäuern (z. B. beim Rinde. Fig. V) sind auch die zweite und fünfte Zehe ausserdem rückgebildet und nur die dritte und vierte gut entwickelt. Beim Pferde endlich ist gar nur eine einzige (die dritte) Zehe vollständig ausgebildet (Fig. VI, 3). Und doch sind alle diese verschiedenen Vorderfüsse, ebenso wie die Hand des Menschen (Fig. 178, I) aus derselben, gemeinsamen, fünfzehigen Stammform ursprünglich entstanden. Das beweisen sowohl die Rudimente der verkümmerten Zehen, als auch die gleichartige Anordnung der Handwurzelknochen (Fig. 178 *a*—*p*). Vergl. oben S. 444.

Dasselbe beweist aber auch die K e i m e s g e s c h i c h t e d e r G l i e d m a a s s e n, die nicht nur bei allen Säugethieren, sondern überhaupt bei allen Wirbelthieren, ursprünglich ganz dieselbe ist. Wie verschieden auch die Extremitäten der zahlreichen Schädelthiere später im ausgebildeten Zustande erscheinen, so entwickeln sie sich doch alle aus derselben einfachsten Grundlage (vergl. Taf. IV und V,

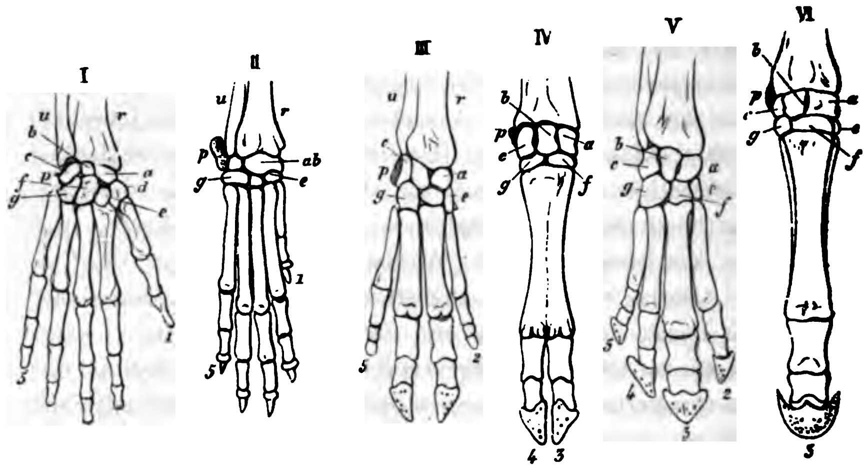


Fig. 178.

S. 256; *f* Vorderbeine, *b* Hinterbeine). Ueberall ist die erste Anlage jeder Gliedmaasse beim Embryo ein ganz einfaches Wärzchen oder Höckerchen, welches aus der Seite des Leibes zwischen Rückenfläche und Bauchfläche hervorwächst (Fig. 71, 72, S. 254; Fig. 73, 74, S. 264). Die Zellen, welche die Wärzchen zusammensetzen, gehören, gleich allen anderen Zellen der Bewegungsorgane, dem Hautfaserblatte an. Die Oberfläche ist von der Hornplatte überzogen, die an der Spitze der Höckerchen etwas verdickt ist (Taf. II, Fig. 5 *x*). Die beiden vorderen Wärzchen erscheinen etwas früher als die beiden hinteren. Diese einfachen Anlagen entwickeln sich bei den Fischen und Dipneusten durch Differenzirung ihrer Zellen unmittelbar zu den Flossen. Bei den vier höheren Wirbelthierklassen hingegen nimmt jedes der vier Wärzchen beim weiteren Wachsthum die Form einer gestielten Platte an, indem die innere Hälfte schmäler und dicker, die äussere breiter und dünner wird. Darauf gliedert sich die innere Hälfte oder der Stiel der Platte in zwei Abschnitte: Oberschenkel und Unterschenkel. Sodann entstehen am freien Rande der Platte vier seichte Einkerbungen, die allmählich tiefer werden: das sind die

---

Fig. 178. Skelet der Hand oder des Vorderfusses von sechs Säugethieren: I. Mensch. II. Hund. III. Schwein. IV. Rind. V. Tapir. VI. Pferd. *r* Radius. *u* Ulna. *a* Scaphoideum. *b* Lunare. *c* Triquetrum. *d* Trapezium. *e* Trapezoid. *f* Capitatum. *g* Hamatum. *p* Pisiforme. 1. Daumen. 2. Zeigefinger. 3. Mittelfinger. 4. Ringfinger. 5. Kleinfinger. Nach Gegenbaur.

Einschnitte zwischen den fünf Zehen (Taf. VI, Fig. 1, S. 288). Letztere treten bald weiter hervor. Anfangs aber sind vorn sowohl als hinten alle fünf Zehen noch durch eine dünne Bindehaut wie durch eine Schwimmhaut verbunden; sie erinnern an die ursprüngliche Bestimmung des Fusses zur Ruderflosse. Die weitere Entwickelung der Gliedmaassen aus dieser einfachsten Anlage erfolgt bei allen Wirbelthieren in der gleichen Weise, und zwar dadurch, dass gewisse Gruppen von den Zellen des Hautfaserblattes sich zu Knorpeln, andere Gruppen zu Muskeln, noch andere zu Blutgefässen, Nerven u. s. w. umbilden. Wahrscheinlich erfolgt die Differenzirung aller dieser verschiedenen Gewebe in den Gliedmaassen an Ort und Stelle. Gleich der Wirbelsäule und dem Schädel werden auch die Skelettheile der Gliedmaassen zuerst aus weichen indifferenten Zellengruppen des Hautfaserblattes gebildet. Diese verwandeln sich späterhin in Knorpel und aus diesen gehen erst in dritter Linie die bleibenden Knochen hervor[127].

Von viel geringerem Interesse als die Entwickelungsgeschichte des Skelets oder der passiven Bewegungs-Werkzeuge, ist bis jetzt diejenige der Muskeln oder der activen Locomotions-Organe. Allerdings ist auch für die Stammesgeschichte der letzteren, wie für diejenige der ersteren, die vergleichende Anatomie von viel höherer Bedeutung als die Keimesgeschichte. Da aber die vergleichende Anatomie und die Ontogenie des Muskelsystems bis jetzt noch sehr wenig bearbeitet ist, so können wir auch von der Phylogenie desselben nur ganz allgemeine Vorstellungen haben. Bezüglich einer Ontogenie ist zu bemerken, dass sämmtliche Muskeln der Wirbelthiere (mit Ausnahme derjenigen des Darmsystems und des Gefässsystems), sowohl die äusseren Hautmuskeln als die inneren Skeletmuskeln, sich aus Theilen des Hautfaserblattes entwickeln: dasselbe gilt auch von den Sehnen, Bändern, Fascien u. s. w., die dazu gehören. Hingegen entstehen die Muskeln des Darmsystems und des Gefässsystems, die Nichts mit ersteren zu thun haben, grösstentheils aus dem Darmfaserblatte. Von besonderer Bedeutung für die Entwickelung der Rumpfmuskeln ist die früher erwähnte „Muskelplatte", welche sich aus dem äusseren Theile der Urwirbelplatte bildet (Fig. 68 *mp*, S. 249). Im Grossen und Ganzen hat sich das Muskelsystem in innigster Wechselbeziehung oder Correlation zum Skeletsystem entwickelt[128].

Neunundzwanzigste Tabelle.
Uebersicht über die wichtigsten Perioden in der Stammesgeschichte des menschlichen Skelets.

I. Erste Periode: **Chordonier-Skelet** (S. 414).

Das Skelet wird allein durch die Chorda dorsalis gebildet.

II. Zweite Periode: **Acranier-Skelet** (S. 414).

Um die Chorda bildet sich eine Chorda-Scheide, deren dorsale Fortsetzung eine Hülle um das Markrohr bildet.

III. Dritte Periode: **Cyclostomen-Skelet** (S. 426).

Um das vordere Ende der Chorda bildet sich aus der Chorda-Scheide ein knorpeliger Primordial-Schädel. Um die Kiemen bildet sich ein äusseres knorpeliges Kiemen-Skelet.

IV. Vierte Periode: **Aelteres Urfisch-Skelet** (S. 433).

Um die Chorda bildet sich eine primitive Wirbelsäule mit oberen und unteren Bogen (Kiemenbogen und Rippen). Reste des äusseren Kiemen-Skelets bleiben neben dem inneren bestehen. Zwei Paar Gliedmaassen mit gefiedertem (zweizeiligen) Skelet treten auf.

V. Fünfte Periode: **Jüngeres Urfisch-Skelet** (S. 434).

Die vorderen Kiemenbogen verwandeln sich in Lippenknorpel und Kieferbogen. Das äussere Kiemen-Skelet geht verloren. Das Skelet der beiden Flossen-Paare wird einzeilig (halbgefiedert).

VI. Sechste Periode: **Dipneusten-Skelet** (S. 437.)

Der Schädel verknöchert theilweise; ebenso der Schultergürtel.

VII. Siebente Periode: **Amphibien-Skelet** (S. 444).

Die Kiemenbogen werden zu Theilen des Zungenbeines und des Kiefer-Apparates umgebildet. An dem halbgefiederten Flossen-Skelet verschwinden die Flossenstrahlen bis auf vier, wodurch der fünfzehige Fuss entsteht. Die Wirbelsäule verknöchert.

VIII. Achte Periode: **Monotremen-Skelet** (S. 464).

Wirbelsäule, Schädel, Kiefer-Apparat und Gliedmaassen-Skelet erlangen die bestimmten Eigenthümlichkeiten der Säugethiere.

IX. Neunte Periode: **Marsupialien-Skelet** (S. 467).

Das Coracoid-Bein am Schultergürtel wird rückgebildet und sein Rest verschmilzt mit dem Schulterblatt.

X. Zehnte Periode: **Halbaffen-Skelet** (S. 477.)

Die Beutelknochen, welche die Monotremen und Marsupialien auszeichnen, gehen verloren.

XI. Elfte Periode: **Menschenaffen-Skelet** (S. 488).

Das Skelet erlangt diejenige besondere Ausbildung, welche der Mensch ausschliesslich mit den anthropoiden Affen theilt.

Dreiundzwanzigster Vortrag.

Entwickelungsgeschichte des Darmsystems.

„Die Vorsichtigen verlangen daher, man solle nur sammeln und es der Nachwelt überlassen, aus dem Gesammelten ein wissenschaftliches Gebäude aufzuführen, nur dadurch könne man der Schmach entgehen, dass erweiterte Kenntnisse Lehrsätze, die man für wahr gehalten, widerlegten. Wenn nicht schon das Widersinnige dieser Forderung daraus erhellte, dass die vergleichende Anatomie wie jede andere Wissenschaft eine unendliche ist, und also die Endlosigkeit der Materialiensammlung den Menschen nie zur Ernte auf diesem Felde gelangen lassen würde, wenn er jener Forderung consequent nachkäme, so würde die Geschichte uns hinlänglich belehren, dass kein Zeitalter, in welchem wissenschaftliche Bestrebungen rege waren, sich so verleugnen konnte, dass es das Ziel seiner Forschungen nur in die Zukunft setzend, nicht für sich selbst die Resultate aus dem grösseren oder geringeren Schatze der Beobachtungen zu ziehen und die Lücken durch Hypothesen auszufüllen sich bemüht hätte. In der That wäre es auch eine Maassregel der Verzweiflung, wenn man, um Nichts aus seinem Besitze zu verlieren, gar keinen Besitz erwerben wollte."

Carl Ernst Baer (1819).

Inhalt des dreiundzwanzigsten Vortrages.

Der Urdarm der Gastrula. Die Homologie oder morphologische Gleichheit desselben bei allen Thieren (mit Ausnahme der Protozoen). Uebersicht über den Bau des ausgebildeten menschlichen Darmcanals. Mundhöhle. Schlund. Speiseröhre. Luftröhre und Lungen. Kehlkopf. Magen. Dünndarm. Leber und Gallendarm. Bauchspeicheldrüse. Dickdarm. Mastdarm. Die erste Anlage des einfachen Darmrohres. Abschnürung desselben von der Keimblase. Urdarm (Protogaster) und Nachdarm (Metagaster). Secundäre Bildung von Mund und After aus der äusseren Haut. Entstehung des Darm-Epitheliums aus dem Darmdrüsenblatte, aller anderen Theile des Darms aus dem Darmfaserblatte. Sonderung des primitiven Darmrohres in Athmungsdarm und Verdauungsdarm. Entstehung und Bedeutung der Kiemenspalten. Verlust derselben. Kiemenbogen und Kiefer-Gerüst. Bildung des Gebisses. Entstehung der Lunge aus der Schwimmblase der Fische. Sonderung des Magens. Entstehung der Leber und des Pancreas. Sonderung von Dünndarm und Dickdarm. Kloakenbildung.

XXIII.

Meine Herren!

Unter den vegetativen Organen des menschlichen Körpers, zu deren Entwickelungsgeschichte wir uns jetzt wenden, steht allen anderen der Darmcanal voran. Denn unter allen Organen des Thierkörpers ist *das Darmrohr das älteste Organ*, und führt uns in die früheste Zeit organologischer Sonderung, bis in die ersten Abschnitte des laurentischen Zeitalters zurück. Wie wir schon früher sahen, musste das Resultat der ersten Arbeitstheilung zwischen den gleichartigen Zellen des ältesten vielzelligen Thierkörpers die Bildung eines ernährenden Darmcanals sein. Die erste Pflicht und das erste Bedürfniss jedes Organismus ist die Pflicht der Selbsterhaltung. Dieser Pflicht wird genügt durch die beiden Functionen der *Ernährung* und der *Bedeckung* des Körpers. Als daher in dem uralten Haufen von gleichartigen Zellen Synamoebium[1], dessen phylogenetische Existenz uns noch heute durch die ontogenetische Entwickelungs-Form der *Maulbeerkugel* oder Morula bewiesen wird, die einzelnen Gemeindemitglieder anfingen, sich in die Arbeit des Lebens zu theilen, mussten sie zunächst einen zweifach verschiedenen Beruf ergreifen. Die eine Hälfte verwandelte sich in *ernährende* Zellen, welche eine verdauende Höhlung, den Darmcanal umschlossen. Die andere Hälfte hingegen bildete sich um in *deckende* Zellen, welche die äussere Hülle dieses Darmcanals und zugleich des ganzen Körpers bildeten. So entstanden die beiden ersten Keimblätter: das innere, ernährende oder vegetative Blatt, und das äussere, deckende oder animale Blatt.

Wenn wir versuchen, uns in der denkbar einfachsten Form einen Thierkörper zu construiren, der einen solchen primitiven Darmcanal und die beiden, dessen Wand bildenden primären Keimblätter besitzt, so kommen wir nothwendig auf die höchst merkwürdige Thier-

form der Gastrula, die wir in wunderbarer Gleichförmigkeit durch die ganze Thierreihe hindurch nachgewiesen haben: bei den Schwämmen, Nesselthieren, Würmern, Weichthieren, Gliederthieren und Wirbelthieren (Fig. 108, S. 392). Bei allen diesen verschiedenen Thierstämmen kehrt die Gastrula in derselben einfachsten Form wieder. Ihr ganzer Körper ist eigentlich nur Darmcanal; die einfache Körperhöhle ist die verdauende Darmhöhle, ist „Urdarm“; ihre einfache Oeffnung, der „Urmund“, ist Mund- und Afteröffnung zugleich; und die beiden Zellenschichten, welche ihre Wand zusammensetzen, sind die beiden primären Keimblätter: das innere ernährende oder vegetative Keimblatt, das Darmblatt (*Entoderma*) und das äussere deckende und zugleich durch seine Flimmerhaare die Locomotion vermittelnde, animale Keimblatt, das Hautblatt (*Exoderma*) (vergl. Taf. VII, Fig. 4, 10). Diese höchst wichtige Thatsache, dass sich bei den verschiedensten Thieren die Gastrula als früher Larvenzustand in der individuellen Entwickelung vorfindet, dass diese Gastrula überall denselben Bau zeigt, und dass der ganz verschieden ausgebildete Darmcanal der verschiedensten Thiere sich ontogenetisch aus demselben einfachsten Gastrula-Darme hervorbildet, diese höchst wichtige Thatsache berechtigt uns nach dem biogenetischen Grundgesetze zu zwei folgenschweren Schlüssen: einem allgemeinen und einem besonderen. Der allgemeine Schluss ist ein Inductions-Schluss und lautet: Der mannichfaltig gestaltete Darmcanal aller verschiedenen Darmthiere hat sich phylogenetisch aus einem und demselben höchst einfachen Urdarme, aus der Darmhöhle der Gastraea, hervorgebildet, jener uralten gemeinsamen Stammform, die noch heute durch die Gastrula nach dem biogenetischen Grundgesetze wiederholt wird. Der hieran geknüpfte besondere Schluss ist ein Deductions-Schluss und lautet: Der Darmcanal des Menschen als Ganzes ist homolog dem Darmcanal aller übrigen Thiere; er hat die gleiche ursprüngliche Bedeutung und hat sich aus derselben Grundform hervorgebildet [129]).

Bevor wir nun die Entwickelungsgeschichte des menschlichen Darmcanals im Einzelnen verfolgen, wird es nothwendig sein, mit ein paar Worten uns über die allgemeinsten Verhältnisse der Bildung des Darmcanals beim entwickelten Menschen zu orientiren. Erst wenn diese Ihnen bekannt sind, können Sie die Entwickelungs-

geschichte der einzelnen Theile richtig verstehen (vergl. Taf. II und III, S. 224). Der Darmcanal des ausgebildeten Menschen ist in allen wesentlichen Stücken ebenso zusammengesetzt, wie derjenige aller höheren Säugethiere, und stimmt namentlich mit demjenigen der Catarhinen, der schmalnasigen Affen der alten Welt, vollständig überein. Den Eingang in den Darmcanal bildet die Mundöffnung (Taf. III, Fig. 16 *o*). Durch sie gelangen die Speisen und Getränke zunächst in die Mundhöhle, auf deren Grunde sich die Zunge befindet. Bewaffnet ist unsere Mundhöhle mit 32 Zähnen, welche in zwei Reihen auf den beiden Kiefern, dem Oberkiefer und Unterkiefer, befestigt sind. Wie Sie bereits wissen, ist die Bildung unseres Gebisses genau dieselbe, wie bei den Catarhinen-Affen, während sie von dem Gebiss aller übrigen Thiere verschieden ist (S. 484). Ueber der Mundhöhle befindet sich die doppelte Nasenhöhle; beide sind durch die Scheidewand des Gaumens von einander getrennt. Allein wir haben gesehen, dass ursprünglich die Nasenhöhle gar nicht von der Mundhöhle geschieden ist, und dass sich zunächst beim Embryo eine gemeinsame Mund-Nasenhöhle bildet, die erst später durch das harte Gaumendach in zwei verschiedene Stockwerke getheilt wird: in die obere Nasenhöhle und die untere Mundhöhle. Die Nasenhöhle steht mit luftgefüllten Knochenhöhlen im Zusammenhang: Kieferhöhlen im Oberkiefer, Stirnhöhlen im Stirnbein, Keilbeinhöhlen im Keilbein. In die Mundhöhle münden zahlreiche Drüsen von verschiedener Art, insbesondere viele kleine Schleimdrüsen und drei grössere Paare von Speicheldrüsen.

Hinten ist unsere Mundhöhle halb geschlossen durch den Ihnen bekannten senkrechten Vorhang, den wir den weichen Gaumen oder das Gaumensegel nennen, und in dessen Mitte unten das sogenannte Zäpfchen ansitzt. Ein Blick in den Spiegel bei geöffnetem Munde belehrt Sie über dessen Gestalt. Das Zäpfchen (*Uvula*) ist deshalb von Interesse, weil es ausser dem Menschen nur noch den Affen zukommt. Beiderseits des Gaumensegels liegen die „Mandeln“ (*Tonsillae*). Durch die thorartig gewölbte Oeffnung, welche sich unter dem Gaumensegel befindet, den „Rachen“, gelangen wir in die hinter der Mundhöhle gelegene Schlundhöhle (Taf. III, Fig. 16 *sh*) oder den sogenannten „Schlundkopf“ (*Pharynx*), der nur theilweise sichtbar wird, wenn wir unseren geöffneten Mund im Spiegel betrachten. In den Schlundkopf mündet jederseits ein enger Gang

(die „Eustachische Ohrtrompete"), durch welchen man direct in die Trommelhöhle des Gehörorganes gelangt. Die Schlundhöhle setzt sich dann weiter fort in ein langes enges Rohr, die Speiseröhre (*sr*), durch welche die gekauten und verschluckten Speisen hinunter in den Magen gleiten. In den Schlund mündet ferner ganz oben die Luftröhre (*lr*) ein, welche in die Lungen führt. Die Einmündungsstelle ist durch den Kehldeckel geschützt, über welchen die Speisen hinweggleiten. Die Luft-Athmungs-Organe, die beiden Lungen (Taf. II, Fig. 8 *lu*), befinden sich beim Menschen, wie bei allen Säugethieren, in der Brusthöhle rechts und links, mitten zwischen ihnen das Herz (Fig. 8 *hr*, *hl*). Am oberen Ende der Luftröhre befindet sich unterhalb des eben genannten Kehldeckels eine besonders differenzirte und durch ein Knorpelgerüste gestützte Abtheilung derselben, der Kehlkopf. Das ist das wichtige Organ der menschlichen Stimme und Sprache, welches sich ebenfalls aus einem Theile des Darmcanales entwickelt. Vor dem Kehlkopf liegt die Schilddrüse (*Thyreoidea*), die sich bei vielen Menschen zum sogenannten „Kropf" vergrössert.

Die Speiseröhre steigt in der Brusthöhle längs der Brustwirbelsäule hinter den Lungen und dem Herzen hinab und tritt in die Bauchhöhle, nachdem sie das Zwerchfell durchbohrt hat. Letzteres (Fig. 16 *z*) ist eine häutig-fleischige quere Scheidewand, welche bei allen Säugethieren (und nur bei diesen!) vollständig die Brusthöhle ($c_{,}$) von der Bauchhöhle ($c_{,,}$) trennt. Wie Sie bereits wissen, ist ursprünglich diese Trennung nicht vorhanden; anfangs bildet sich vielmehr beim Embryo eine gemeinsame Brustbauchhöhle, das Coelom oder die „Pleuroperitonealhöhle". Erst später wächst das Zwerchfell als musculöse Scheidewand horizontal zwischen



Fig. 179.

Fig. 179. Magen und Gallendarm des Menschen im Längsschnitt. *a* Cardia (Grenze der Speiseröhre). *b* Fundus (Blindsack der linken Seite). *c* Pylorusfalte. *d* Pylorusklappe. *e* Pylorushöhle. *fgh* Gallendarm. *i* Einmündungsstelle des Gallenganges und des Pancreas-Ganges. (Nach H. Meyer.)

Brusthöhle und Bauchhöhle hinein. Diese Scheidewand sperrt dann die beiden Höhlen vollständig von einander ab und wird nur von einzelnen Organen durchbohrt, welche durch die Brusthöhle in die Bauchhöhle hinabtreten. Von diesen Organen ist eines der wichtigsten die Speiseröhre. Nachdem diese durch das Zwerchfell hindurch in die Bauchhöhle getreten ist, erweitert sie sich zum Magenschlauch, in welchem vorzüglich die Verdauung stattfindet. Der **Magen** des erwachsenen Menschen (Fig. 179, Taf. III, Fig. 16 *mg*) ist ein länglicher, etwas schräg gestellter Sack, der links in einen Blindsack, den Magengrund oder Fundus sich erweitert (*b*) rechts dagegen sich verengt, und an dem rechten Ende, dem sogenannten Pylorus oder Pförtnertheil (*e*) in den Dünndarm übergeht. Hier befindet sich zwischen beiden Darmabtheilungen eine Klappe, die Pylorus-Klappe (*d*), welche nur dann sich öffnet, wenn der Speisebrei aus dem Magen in den Dünndarm tritt. Der Magen selbst ist das wichtigste Verdauungsorgan, in welchem die Auflösung der Speisen vorzugsweise vor sich geht. Die fleischige Wand des Magens ist verhältnissmässig dick und besitzt auswendig starke Muskellagen, welche die Verdauungsbewegung des Magens bewirken, inwendig eine grosse Masse von kleinen Drüsen, den Labdrüsen, welche den verdauenden Magensaft oder Labsaft absondern.

Auf den Magen folgt der längste Abschnitt des ganzen Darmcanals, der Mitteldarm oder **Dünndarm** (*Mesogaster*). Er hat vorzugsweise die Aufgabe, die Aufsaugung der verdauten flüssigen Nahrungsmasse oder des Speisebreies zu bewirken, und zerfällt wieder in mehrere Abschnitte, von denen der erste, auf den Magen zunächst folgende, der **Gallendarm** oder Zwölffingerdarm (*Duodenum*) heisst (Fig. 179 *fgh*). Der Gallendarm bildet eine kurze, hufeisenförmig gebogene Schlinge. In denselben münden die grössten Drüsen des Darmcanals ein: die Leber, die wichtigste Verdauungsdrüse, welche die Galle liefert; und eine sehr grosse Speicheldrüse, die Bauchspeicheldrüse oder das Pancreas, welche den Bauchspeichel absondert. Beide Drüsen ergiessen die von ihnen abgesonderten Säfte, Galle und Bauchspeichel, nahe bei einander in das Duodenum (*i*). Die Leber ist beim erwachsenen Menschen eine mächtige, sehr blutreiche Drüse, auf der rechten Seite unmittelbar unter dem Zwerchfell gelegen und durch dieses von den Lungen getrennt (Taf. III, Fig. 16 *lb*). Die Bauchspeicheldrüse liegt etwas weiter dahinter

und mehr links (Fig. 16 *p*). Der Dünndarm wird in seinem weiteren Verlaufe so lang, dass er nothwendig, um im engen Raume der Bauchhöhle Platz zu finden sich in viele Schlingen zusammenlegen muss; diese stellen das sogenannte „Gedärme" dar Dasselbe zerfällt in einen oberen Leerdarm (*Jejunum*) und in einen unteren Krummdarm (*Ileum*). In diesem letzteren Abschnitte liegt diejenige Stelle des Dünndarmes, wo beim Embryo der Dottersack in das Darmrohr mündet. Dieses lange dünne Gedärme geht dann weiterhin in den grossen weiten Dickdarm über, von dem es durch eine besondere Klappe abgeschlossen wird. Unmittelbar hinter dieser „Bauhin'schen Klappe" bildet der Anfang des Dickdarmes eine weite taschenförmige Ausstülpung, den Blinddarm (*Coecum*), dessen verkümmertes Ende ein berühmtes rudimentäres Organ, „der wurmförmige Darmfortsatz" (*Processus vermiformis*) ist. Der Dickdarm oder das Colon besteht aus drei Theilen, einem aufsteigenden rechten, einem queren mittleren und einem absteigenden linken Theile. Der letztere geht schliesslich durch eine Sförmige Biegung, das sogenannte S romanum, in den letzten Abschnitt des Darmcanals, den Mastdarm über, welcher sich hinten durch den After öffnet (Fig. 16 *a*). Sowohl der Dickdarm als der Dünndarm sind mit sehr zahlreichen Drüsen ausgestattet, die aber meist sehr klein sind, und theils schleimige, theils andere Säfte abscheiden.

Angeheftet ist der Darmcanal in dem grössten Theile seiner Länge an die innere Rückenfläche der Bauchhöhle oder an die untere Fläche der Wirbelsäule. Die Anheftung geschieht vermittelst jener, Ihnen bereits bekannten, dünnen häutigen Platte, die wir das Gekröse oder Mesenterium nannten, und die sich unmittelbar unter der Chorda aus dem Darmfaserblatte entwickelt, da wo sich dasselbe in die äussere Lamelle des Seitenblattes, in das Hautfaserblatt, umbiegt (Taf. II, Fig. 5 *g*). Die Umbiegungsstelle wurde als „Mittelplatte" bezeichnet (Fig. 47 *mp*). Anfangs ist dieses Gekröse ganz kurz (Taf. III, Fig. 14 *g*); aber im mittleren Theile des Darmcanals verlängert es sich bald sehr beträchtlich und gestaltet sich zu einer dünnen durchsichtigen Hautplatte, welche um so ausgedehnter sein muss, je weiter sich die Darmschlingen von ihrer ursprünglichen Anheftungsstelle an der Wirbelsäule entfernen. In dieser Gekrösplatte verlaufen die Blutgefässe, Lymphgefässe und Nerven, welche an den Darmcanal herantreten.

Obgleich nun der Darmcanal des ausgebildeten Menschen in dieser Weise ein höchst zusammengesetztes Organ darstellt, und obgleich derselbe im Einzelnen noch eine Masse von verwickelten und feinen Structur-Verhältnissen zeigt, auf die wir hier gar nicht eingehen können, so hat sich dennoch dieses ganze complicirte Gebilde (wie bei allen anderen Wirbelthieren) historisch aus jener einfachsten Form des Urdarmes hervorgebildet, welche unsere Gastraeaden-Ahnen besassen und welche uns noch heutzutage jede Gastrula vorführt. Freilich tritt der menschliche Embryo heute nicht mehr als vollständige Gastrula auf. Wie wir aber schon früher nachgewiesen haben (S. 234), ist dasjenige Stadium unserer individuellen Entwickelung, in welchem unser ganzer Körper eine kugelige doppelblättrige Keimhautblase (*Blastosphaera*) darstellt, gleichbedeutend oder homolog der echten Gastrula, welche unter allen Wirbelthieren einzig und allein der Amphioxus bis auf den heutigen Tag getreu conservirt hat (Taf. VII, Fig. 10). Ebenso wie die Gastrula des Amphioxus und der Ascidien (Taf. VII, Fig. 4), so ist auch die doppelblättrige Keimblase des Menschen und aller anderen Säugethiere (Fig. 78, 1, S. 268) als die ontogenetische Wiederholung derjenigen phylogenetischen Entwickelungs-Form zu betrachten, welche wir Gastraea nennen und bei welcher der ganze Thierkörper Darm ist. Aus der Gastrula der niederen und älteren Wirbelthiere ist im Laufe langer Zeiträume die doppelblättrige Blastosphaera der höheren und jüngeren Wirbelthiere dadurch entstanden, dass das Ei einen Vorrath von Nahrungsdotter sich erwarb und mit festen differenzirten Hüllen sich umgab. Diese wichtige Fälschung der Keimesgeschichte führte mit der Zeit dahin, dass der bleibende Wirbelthier-Darm sich nur aus einem Theile des ursprünglichen Gastraeaden-Darmes entwickelte, während der andere Theil des letzteren nur als Proviant-Kammer, als Behälter für den Nahrungsdotter diente.

Die eigenthümliche Ontogenie des Darmrohres kann daher nur dann richtig verstanden werden, wenn man sie im Lichte der Phylogenie betrachtet. Dieser entsprechend müssen wir zwischen dem ursprünglichen primären Darm („Urdarm", *Protogaster*) der Schädellosen, und dem gesonderten oder secundären Darm („Nachdarm", *Metagaster*) der Schädelthiere unterscheiden. Der Darm des Amphioxus (des Vertreters der Schädellosen) entwickelt keinen Nahrungsdotter und bildet sich aus dem ganzen Urdarm der Ga-

strula hervor. Der Darm der Schädelthiere hingegen sondert sich frühzeitig in zwei verschiedene Theile: in den bleibenden secundären Darm, aus dem allein die verschiedenen Theile des differenzirten Darm-Systems entstehen, und in den vergänglichen Dottersack, der nur als Proviant-Magazin für den Aufbau des letzteren dient. Ebenso wie phylogenetisch die Sonderung des Dottersackes von dem bleibenden secundären Darm als ein Differenzirungs-Process des Urdarms aufzufassen ist, ebenso müssen wir auch ontogenetisch die Abschnürung des bleibenden secundären Darmes von dem vergänglichen Dottersack oder der „Nabelblase" als einen Differenzirungs-Process der doppelblätterigen Keimhautblase deuten: dieser letztere Vorgang in der menschlichen Keimes-Entwickelung ist nur eine Wiederholung jenes ersteren Vorganges in der Stammes-Entwickelung unserer Vorfahren; und diese Wiederholung ist bedingt durch das biogenetische Grundgesetz. Als eine vermittelnde Zwischenbildung zwischen der primären Darm-Entwickelung der Schädellosen und der secundären Darm-Entwickelung der Amnioten ist die eigenthümliche Darm-Entwickelung der Cyclostomen und Amphibien zu betrachten [130].

Sie wissen nun bereits aus unserer Keimesgeschichte, in welcher eigenthümlichen Weise jene Entwickelung erfolgt. In der doppelblätterigen Keimblase, welche wir beim Menschen, ebenso wie bei allen anderen Säugethieren, als den eigentlichen primären Darm betrachten müssen, tritt die erste Anlage des secundären Darms als eine flache kleine Rinne an der unteren Fläche der Keimscheibe auf, in der unteren Mittellinie des sohlenförmigen Urkeims (Fig. 48 *a*, S. 208; Fig. 51 *dr*, 52 *dr*, S. 215). Diese Rinne wird immer tiefer und die Ränder der Rinne krümmen sich gegen einander, um endlich zu einer Röhre zusammenzuwachsen (Fig. 48 *ca*). Die Wand dieses secundären Darmrohrs besteht aus zwei Häuten, aus dem inneren Darmdrüsenblatte und dem äusseren Darmfaserblatte. Das Rohr ist anfangs ganz geschlossen und besitzt nur in der Mitte der unteren Wand eine Oeffnung, durch welche es mit der Keimblase in Verbindung steht. (Vergl. Fig. 49, 3, S. 210 und Taf. III, Fig. 14.) Wir haben auch bereits gesehen, wie diese Keimblase im Laufe der Entwickelung immer kleiner und kleiner wird, je mehr sich der Darmcanal ausbildet und wächst. Während anfangs das Darmrohr nur als ein kleiner Anhang an einer Seite der grossen Keimblase erscheint, bildet

später umgekehrt der Rest der Keimblase, der jetzt Dottersack oder Nabelbläschen heisst, nur einen ganz unbedeutenden Anhang an dem grossen Darmcanal. Dieser Anhang besitzt später gar keine Bedeutung mehr und geht endlich ganz unter, indem der definitive Verschluss der ursprünglichen mittleren Oeffnung des Darmcanales erfolgt und sich hier der sogenannte Darmnabel bildet (S. 238, 269).

Sie wissen auch bereits, dass dieses ganz einfache cylindrische Darmrohr anfänglich beim Menschen wie bei den Wirbelthieren überhaupt vorn und hinten blind geschlossen ist (Taf. III, Fig. 14), und dass sich die beiden bleibenden Oeffnungen des Darmcanals, vorn der Mund, hinten der After, erst secundär, nachträglich bilden und zwar merkwürdiger Weise von der äusseren Haut her. Es höhlt sich vorn in der äusseren Haut eine flache Mundgrube aus, die dem blinden vorderen Ende der Kopfdarmhöhle entgegen wächst und endlich in diese durchbricht. Eben so bildet sich hinten in der Hautdecke eine flache Aftergrube aus, welche bald tiefer wird, dem blinden hinteren Ende der Beckendarmhöhle entgegenwächst und schliesslich mit dieser sich vereinigt. Vorn wie hinten besteht anfänglich zwischen der äusseren Hautgrube und dem blinden Darmende eine dünne Scheidewand, welche bei dem Durchbruch verschwindet. Unmittelbar vor der Afteröffnung wächst aus dem Hinterdarm die Allantois hervor, jenes wichtige embryonale Anhangsgebilde, welches sich bei den Placentalthieren, und nur bei diesen (also auch beim Menschen), zur Placenta entwickelt (Taf. III, Fig. 14 *al*). In dieser weiter



Fig. 180.

Fig. 180. Menschlicher Embryo aus der dritten Woche mit seinen Hüllen von der linken Seite gesehen. Aus der Bauchseite des Embryo hängt der grosse kugelige Dottersack hervor. Hinter letzterem tritt aus dem Darme die viel kleinere Allantois hervor, deren Darmfaserblatt sich an der Innenfläche des zottigen Chorion ausbreitet.

entwickelten, obwohl immer noch sehr einfachen Form, welche Ihnen das Schema in Fig. 78, 4, S. 268 vorführt, stellt nunmehr der Darmcanal des Menschen, gleich demjenigen aller anderen Säugethiere, ein schwach gekrümmtes, cylindrisches Rohr dar, welches vorn und hinten eine Oeffnung besitzt und aus dessen unterer Wand zwei Blasen hervorhängen: die vordere Nabelblase oder der Dottersack und die hintere Allantois oder der Urharnsack (Fig. 79—81, S. 271).

Die dünne Wand dieses einfachen Darmrohres und seiner beiden blasenförmigen Anhänge zeigt sich bei mikroskopischer Untersuchung aus zwei verschiedenen Zellenschichten zusammengesetzt. Die innere Schicht, welche den gesammten Hohlraum auskleidet, besteht aus grösseren dunkleren Zellen und ist das Darmdrüsenblatt. Die äussere Schicht besteht aus helleren kleineren Zellen und ist das Darmfaserblatt. Eine Ausnahme von dieser Zusammensetzung macht nur die Mundhöhle und die Afterhöhle, weil diese aus der äusseren Haut entstehen. Die innere Zellenauskleidung der gesammten Mundhöhle wird daher nicht vom Darmdrüsenblatte, sondern vom Hautsinnesblatte geliefert, und ihre fleischige Unterlage nicht vom Darmfaserblatte, sondern vom Hautfaserblatte. Dasselbe gilt von der Wand der Afterhöhle. Hingegen wird die dünne Wand der beiden am Darme hängenden Blasen, des Dottersackes und der Allantois, ganz ebenso wie die Wand des Darmes selbst inwendig aus dem Darmdrüsenblatte, auswendig aus dem Darmfaserblatte gebildet.

Fragen Sie nun, wie sich diese constituirenden Keimblätter der primitiven Darmwand zu den mancherlei verschiedenen Geweben und Organen verhalten, die wir später am ausgebildeten Darme antreffen, so ist die Antwort darauf höchst einfach. Die Bedeutung dieser beiden Blätter für die gewebliche Ausbildung und Differenzirung des Darmcanales mit allen seinen Theilen lässt sich in einem einzigen Satze zusammenfassen: Es entwickelt sich das Darm-Epithelium, d. h. die innere, weiche Zellenschicht, welche die Höhlung des Darmcanals und aller seiner Anhänge auskleidet, einzig und allein aus dem Darmdrüsenblatte; alle anderen Gewebe und Organe hingegen, die zum Darmcanal und seinen Anhängen gehören, entstehen aus dem Darmfaserblatte. Aus diesem letzteren entwickelt sich also die ganze äussere Umhüllung des Darmrohrs und seiner Anhänge: das faserige Bindgewebe und die glatten Muskeln, welche seine Fleischhaut zusammensetzen; die Knorpel,

welche dieselbe stützen (z. B. die Knorpel des Kehlkopfes und der Luftröhre), die zahlreichen Blutgefässe und Lymphgefässe, welche aus der Wand des Darmes Nahrung aufsaugen, kurz alles Andere, was ausser dem Darm-Epithel am Darme sonst noch vorkommt. Aus demselben Darmfaserblatte entsteht ausserdem noch das ganze Gekröse oder Mesenterium mit allen darin liegenden Theilen, das Herz, die grossen Blutgefässe des Körpers u. s. w. Die Bedeutung der beiden Darmblätter für die Ausbildung der verschiedenen Darm-Organe ist in der That also höchst einfach. Die innere Zellenschicht, das Darmdrüsenblatt, bildet weiter nichts als das Darm-Epithel, allerdings die für den Ernährungsprocess wichtigste Zellenformation des Körpers; die äussere Zellenschicht bildet alles Uebrige, was zum Darm gehört: Muskeln, Nerven, Blutgefässe, Bindgewebe, Knorpel und was noch sonst vorkommt. Dies Grundgesetz gilt ebenso für das eigentliche Darmrohr selbst, wie für Alles, was sich an demselben und aus demselben entwickelt; namentlich auch für die drüsigen Anhänge: Lunge, Leber und kleinere Drüsen.

Verlassen wir nun einen Augenblick diese ursprüngliche Anlage des Säugethierdarmes, um einen Vergleich derselben mit dem Darmcanal der niederen Wirbelthiere und der Würmer anzustellen, welche wir als Vorfahren des Menschen kennen gelernt haben. Da müssen wir denn vor Allem wieder an den Amphioxus und die Ascidie denken, welche die Brücke zwischen den Würmern und den Wirbelthieren herstellen. In beiden Thierformen ist der Darm, wie Sie gesehen haben, ganz übereinstimmend gebildet. In Beiden entwickelt er sich direct aus dem Urdarm der Gastrula (Taf. VII, Fig. 4, 10). Jedoch wächst die ursprüngliche Mundöffnung der Gastrula oder der Urmund nachher wieder zu, und an ihrer Stelle bildet sich neu die spätere Afteröffnung. Ebenso ist auch die Mundöffnung des Amphioxus und der Ascidie eine Neubildung, und dasselbe gilt in gleicher Weise von der Mundöffnung des Menschen und überhaupt aller Schädelthiere. Die secundäre Mundbildung des Lanzetthierchens hängt, wie sich mit einiger Wahrscheinlichkeit vermuthen lässt, mit der Bildung der Kiemenspalten zusammen, welche unmittelbar hinter derselben am Darme auftreten. Die ursprüngliche Mundöffnung der Gastrula hingegen gestaltet sich (wenn die bezüglichen Angaben von Kowalevsky über die Ontogenie des Amphioxus richtig sind!) bei den Wirbelthieren zu einer provisorischen Afteröffnung, wofür auch eine merkwürdige

Thatsache aus der Keimesgeschichte der Amphibien zu sprechen scheint. Bei den Amphibien entsteht nämlich der Urdarm in Gestalt einer einfachen Spalte, deren Oeffnung man nach ihrem Entdecker RUSCONI den Rusconi'schen After genannt hat[130]. Dieser Rusconi'sche After scheint weiter Nichts als die ursprüngliche Mundöffnung der Gastrula der Vertebraten zu sein, welche später wieder zuwächst. An ihrer Stelle entwickelt sich beim Amphioxus und bei allen anderen Wirbelthieren später die bleibende, secundäre Afteröffnung. Am anderen Ende des Darmrohrs entsteht die Mundöffnung, als eine Neubildung, die mit der Bildung der Kiemenspalten wohl innig zusammenhängt. Dieses merkwürdige Verhältniss erscheint weniger auffallend, wenn wir die verschiedenen Würmer vergleichen. Bei den niedersten Würmern, z. B. bei den einfachsten Turbellarien oder Strudelwürmern, ist gerade noch wie bei der Gastrula der Darmcanal ein ganz einfaches, gerades Rohr mit einer einzigen Oeffnung, welche Mund- und Afteröffnung zugleich vertritt (Fig. 110, S. 406). Bei den höheren Würmern gesellt sich dazu eine zweite Oeffnung, welche am entgegengesetzten Ende des Darmes auftritt, die Afteröffnung (Fig. 111 *a*, S. 411).

Der wichtigste Vorgang, welcher bei der weiteren Entwickelung des Darmcanals im menschlichen Embryo uns entgegen tritt, und der für unsere allgemeine vergleichende Betrachtung besonderes Interesse besitzt, ist die Entstehung der Kiemenspalten. Wie Sie wissen, verschmilzt am Kopfe des menschlichen Embryo sehr frühzeitig die Schlundwand mit der äusseren Körperwand, und es erfolgt dann rechts und links an den Seiten des Halses, hinter der Mundöffnung, die Bildung von vier Spalten, die jederzeit von aussen unmittelbar in die Schlundhöhle hineinführen. Diese Spalten nannten wir die Kiemenspalten, und die Scheidewände, durch welche sie getrennt sind, die Kiemenbogen (Fig. 69, 70, S. 252; Taf. I und Taf. III, Fig. 15 *ks*). Das sind embryonale Bildungen von höchstem Interesse. Denn wir sehen daraus, dass die höheren Wirbelthiere alle noch in ihrer ersten Jugend nach dem biogenetischen Grundgesetze denselben Vorgang recapituliren, welcher ursprünglich für die Entstehung des ganzen Wirbelthierstammes von der grössten Bedeutung wurde. Dieser Vorgang war die Sonderung des Darmrohres in zwei Abschnitte: in einen vorderen respiratorischen Abschnitt, den Kiemendarm, welcher bloss der Athmung

Dreissigste Tabelle.

Uebersicht über die Entwickelung des menschlichen Darmsystems.

(NB. Die mit † bezeichneten Theile sind Ausstülpungen des Darmrohrs.)

Hauptabschnitt	Abschnitt	Theil	Lateinisch	Keimblatt
I. Erster Hauptabschnitt des Darmsystems: **Athmungs-Darm** (Kiemendarm). **Pneogaster** (Tractus respiratorius).	1. **Mundhöhle** (**Cavum oris**)	Mundöffnung	*Rima oris*	Darmwand vom Hautblatt (Exoderm) gebildet.
		Lippen	*Labia*	
		Kiefer	*Maxillae*	
		Zähne	*Dentes*	
		Zunge	*Lingua*	
		Zungenbein	*Os hyoides*	
		† Speicheldrüsen	*Glandulae salivales*	
		Gaumensegel	*Velum palatinum*	
		Zäpfchen	*Uvula*	
	2. **Nasenhöhle** (**Cavum nasi**)	Nasengänge	*Meatus narium*	
		† Kieferhöhlen	*Sinus maxillares*	
		† Stirnhöhlen	*Sinus frontales*	
		† Keilbeinhöhlen	*Sinus ethmoidales*	
	3. **Schlundhöhle** (**Cavum pharyngis**)	Rachen	*Isthmus faucium*	Darmwand vom Darmblatt (Entoderm) gebildet. (Ausgenommen die vom Hautblatt gebildete Afterhöhle.)
		Mandeln	*Tonsillae*	
		Schlundkopf	*Pharynx*	
		† Ohrtrompete	*Tuba Eustachii*	
		† Paukenhöhle	*Cavum tympani*	
		† Hirnanhang	*Hypophysis*	
		† Schilddrüse	*Thyreoidea*	
	4. **Lungenhöhle** (**Cavum pulmonis**)	† Kehlkopf	*Larynx*	
		† Luftröhre	*Trachea*	
		† Lungen	*Pulmones*	
II. Zweiter Hauptabschnitt des Darmsystems: **Verdauungs-Darm** (Magendarm). **Peptogaster** (Tractus digestivus).	5. **Vorderdarm** (**Prosogaster**)	Speiseröhre	*Oesophagus*	
		Mageneingang	*Cardia*	
		Magen	*Stomachus*	
		Magenausgang	*Pylorus*	
	6. **Mitteldarm** (**Mesogaster**)	Gallendarm	*Duodenum*	
		† Leber	*Hepar*	
		† Bauchspeicheldrüse	*Pancreas*	
		Leerdarm	*Jejunum*	
		(† Dottersack oder Nabelbläschen)	(*Vesicula umbilicalis*)	
		Krummdarm	*Ileum*	
	7. **Hinterdarm** (**Epigaster**)	Dickdarm	*Colon*	
		† Blinddarm	*Coecum*	
		† Wurmanhang des Blinddarmes	*Processus vermiformis*	
		Mastdarm	*Rectum*	
		Afteröffnung	*Anus*	
	8. **Harndarm** (**Urogaster**)	(† Urharnsack)	(*Allantois*)	
		† Harnröhre	*Urethra*	
		† Harnblase	*Urocystis*	

dient; und einen hinteren digestiven Abschnitt, den Magendarm, welcher bloss der Verdauung dient. Wie Sie sich erinnern werden, trafen wir diese höchst charakteristiche Sonderung des Darmrohres in zwei physiologisch ganz verschiedene Hauptabschnitte nicht allein schon beim niedersten Wirbelthiere, dem Amphioxus an (Taf. VII, Fig. 15); sondern wir fanden dieselbe sogar schon bei den wirbellosen Blutsverwandten des letzteren, bei den Ascidien (Taf. VII, Fig. 14). Wir können daraus sicher schliessen, dass sie auch bereits bei unseren gemeinsamen Vorfahren, den Chordoniern (S. 412), vorhanden war, um so mehr als selbst der Eichelwurm sie schon besitzt (Fig. 111, S. 411). Allen übrigen wirbellosen Thieren fehlt diese eigenthümliche Einrichtung völlig.

Die Zahl der Kiemenspalten ist bei dem Amphioxus, wie bei den Ascidien und beim Eichelwurm, noch sehr gross. Bei den Schädelthieren ist sie hingegen schon sehr vermindert. Die Fische haben meist nur 4—6 Paar Kiemenspalten Auch beim Embryo des Menschen und der höheren Wirbelthiere überhaupt, wo sie schon sehr frühzeitig auftreten, kommen bloss 3—4 Paar zur Entwickelung. Bei den Fischen bleiben die Kiemenspalten zeitlebens bestehen und lassen das durch den Mund aufgenommene Athemwasser nach aussen treten (Fig. 117; Taf. III, Fig. 13 *ks*). Hingegen verlieren sie sich schon theilweise bei den Amphibien und gänzlich bei allen höheren Wirbelthieren. Hier bleibt nur ein einziger Rest der Kiemenspalten bestehen und zwar der Ueberrest der ersten Kiemenspalte. Dieser gestaltet sich zu einem Theile des Gehörorganes; es entsteht daraus der äussere Gehörgang, die Trommelhöhle und die Eustachische Ohrtrompete. Wir haben diese merkwürdigen Bildungen bereits früher betrachtet (S. 562) und wollen nur nochmals die interessante Thatsache hervorheben, dass unser mittleres und äusseres Gehörorgan das letzte Erbstück von der Kiemenspalte eines Fisches ist. Auch die Kiemenbogen, welche die Kiemenspalten trennen, entwickeln sich zu sehr verschiedenartigen Theilen. Bei den Fischen bleiben sie zeitlebens Kiemenbogen, welche die athmenden Kiemenblättchen tragen; ebenso auch noch bei den niedersten Amphibien; bei den höheren Amphibien aber erleiden sie im Laufe der Entwickelung schon mannichfache Verwandlungen, und bei allen drei höheren Wirbelthierklassen, also auch beim Menschen, entstehen aus den Kiemenbogen das Zungenbein und die Gehörknöchelchen (vergl. S. 561, 586; Taf. I, IV und V).

Aus dem ersten Kiemenbogen, an dessen Innenfläche in der Mitte die fleischige Zunge hervorwächst, entsteht die Anlage des Kiefergerüstes: Oberkiefer und Unterkiefer, welche die Mundöffnung umgeben und das Gebiss tragen. Den Acraniern und Monorhinen fehlen diese wichtigen Theile noch völlig. Sie treten erst bei den echten Fischen auf und haben sich von den Fischen auf die höheren Wirbelthiere vererbt. Die ursprüngliche Bildung unseres Mund-Skelets, des Oberkiefers und des Unterkiefers, ist also auf die ältesten Fische zurückzuführen, von denen wir sie geerbt haben. Die Bezahnung der Kiefer geht aus der äusseren Hautdecke hervor, welche die Kiefer überkleidet. Denn da die Bildung der ganzen Mundhöhle von dem äusseren Keimblatte aus erfolgt, so müssen natürlich auch die Zähne ursprünglich aus der äusseren Hautdecke entstanden sein. Das lässt sich in der That durch die genaue mikroskopische Untersuchung der feinsten Structur-Verhältnisse der Zähne nachweisen. Durch diese haben wir uns überzeugt, dass die feinere Structur der Schuppen bei den Fischen, insbesondere bei den Haifischen, im Wesentlichen ganz dieselbe ist, wie diejenige ihrer Zähne. Unsere menschlichen Zähne sind also ihrem ältesten Ursprunge nach umgebildete Fischschuppen [131]. Aus dem gleichen Grunde müssen wir die Speicheldrüsen, welche in die Mundhöhle münden, eigentlich als Oberhaut-Drüsen ansehen, die sich nicht gleich den übrigen Darmdrüsen aus dem Darmdrüsenblatte des Darmcanals hervorgebildet haben, sondern aus der äusseren Oberhaut, aus der Hornplatte des äusseren Keimblattes. Selbstverständlich müssen, entsprechend dieser Entwickelungsgeschichte des Mundes, die Speicheldrüsen mit den Schweissdrüsen, Talgdrüsen und Milchdrüsen der Epidermis genetisch in eine Reihe gestellt werden (S. 508).

Unser menschlicher Darmcanal ist also in seiner ursprünglichen Anlage so einfach, wie der Urdarm der Gastrula und der niedersten Würmer. Dann scheidet er sich in zwei Abtheilungen, einen vorderen Kiemendarm und einen hinteren Magendarm, gleich dem Darmcanal des Amphioxus und der Ascidie. Durch Ausbildung der Kiefer und der Kiemenbogen geht er in einen wahren Fischdarm über. Später aber geht der Kiemendarm, der eine Reminiscenz an die Fisch-Vorfahren ist, als solcher fast ganz verloren. Die Theile welche davon übrig bleiben, verwandeln sich in ganz andre Gebilde. Trotzdem aber so die vordere Abtheilung unsers Darmcanals ihre

ursprüngliche Bedeutung als Kiemendarm völlig aufgiebt, behält sie dennoch die physiologische Bedeutung des Athmungs-Darmes bei. Wir werden nämlich jetzt durch die höchst interessante und merkwürdige Wahrnehmung überrascht, dass auch das bleibende Respirationsorgan der höheren Wirbelthiere, nämlich die luftathmende Lunge, sich ebenfalls aus diesem vorderen Abschnitte des Darmcanals entwickelt. Unsere Lunge entsteht sammt der Luftröhre und dem Kehlkopf aus der Bauchwand des Vorderdarmes. Dieser ganze grosse Athmungs-Apparat, der beim entwickelten Menschen den grössten Theil der Brusthöhle einnimmt, ist anfänglich Nichts, als ein ganz kleines und einfaches Bläschen oder Säckchen, welches unmittelbar hinter den Kiemen aus dem Darmcanal hervorwächst und bald in zwei Seitenhälften zerfällt (Fig. 181 *c*; Fig. 182 *a*; Taf. III, Fig. 13, 15, 16 *lu*). Dieses Bläschen findet sich bei allen Wirbelthieren wieder, mit Ausnahme der beiden niedersten Klassen, der Schädellosen und Rundmäuler. Dasselbe entwickelt sich aber bei den niederen Wirbelthieren nicht zur Lunge, sondern zu einer ansehnlichen, mit Luft gefüllten Blase, die einen grossen Theil der Leibeshöhle einnimmt und eine ganz andere Bedeutung hat. Sie dient hier nicht zur Athmung, sondern zur vertikalen Schwimmbewegung, mithin als ein hydrostatischer Apparat: das ist die Schwimmblase der Fische. Die Lunge des Menschen und aller luftathmenden Wirbelthiere entwickelt sich aber aus dem-



Fig. 181.

Fig. 182.

Fig. 181. Darm eines Hunde-Embryo (der in Fig. 81, S. 271 dargestellt ist, nach BISCHOFF), von der Bauchseite. *a* Kiemenbogen (4 Paar). *b* Schlund- und Kehlkopf-Anlage. *c* Lungen. *d* Magen. *f* Leber. *g* Wände des geöffneten Dottersackes (in den der Mitteldarm mit weiter Oeffnung mündet). *h* Enddarm.

Fig. 182. Derselbe Darm von der rechten Seite gesehen. *a* Lungen. *b* Magen. *c* Leber. *d* Dottersack. *e* Enddarm.

selben einfachen bläschenförmigen Anhange des Vorderdarmes, welcher bei den Fischen zur Schwimmblase wird. Ursprünglich hat also dieser Sack gar keine respiratorischen Functionen, sondern dient nur als hydrostatischer Apparat, um das specifische Gewicht des Körpers zu vermehren oder zu vermindern. Die Fische, welche eine entwickelte Schwimmblase besitzen, können dieselbe zusammenpressen und dadurch die darin enthaltene Luft bedeutend verdichten. Die Luft entweicht auch bisweilen aus dem Darmcanal durch einen Luftgang, welcher die Schwimmblase mit dem Schlund verbindet und wird durch den Mund ausgestossen. Dadurch wird der Umfang der Schwimmblase verkleinert, der Fisch wird schwerer und sinkt unter. Wenn derselbe dagegen wieder in die Höhe steigen will, so wird die Schwimmblase durch Nachlass der Compression ausgedehnt. Nun fängt schon bei den Lurchfischen oder Dipneusten dieser hydrostatische Apparat an, sich in ein Athmungs-Organ zu verwandeln, und zwar dadurch, dass die in der Wand der Schwimmblase verlaufenden Blutgefässe nicht bloss mehr Luft absondern, sondern auch frische Luft aufnehmen, die durch den Luftgang eingetreten ist. Bei allen Amphibien kommt dieser Process zur Vollendung. Die ursprüngliche Schwimmblase wird hier allgemein zur Lunge, und ihr Luftgang zur Luftröhre. Die Lunge der Amphibien hat sich von diesen auf die drei höheren Wirbelthier-Klassen vererbt. Auch bei den niedersten Amphibien ist die Lunge jederseits noch ein ganz einfacher, durchsichtiger und dünnwandiger Sack, so z. B. bei unseren gewöhnlichen Wasser-Salamandern, den Tritonen. Sie gleicht noch ganz der Schwimmblase der Fische. Allerdings haben die Amphibien bereits zwei Lungen, eine rechte und eine linke. Aber auch bei manchen Fischen (bei alten Ganoiden) ist die Schwimmblase paarig und zerfällt durch einen Einschnitt in eine rechte und linke Hälfte. Anderseits ist die Lunge des Ceratodus unpaar (S. 442), und auch die allerfrüheste Anlage der Lunge beim menschlichen Embryo, wie überhaupt beim Embryo aller höheren Wirbelthiere, ist ein einfaches, unpaares Bläschen, und theilt sich erst nachträglich in zwei paarige Hälften, eine rechte und eine linke Lunge. Späterhin wachsen beide Bläschen bedeutend, füllen die Brusthöhle grösstentheils aus und nehmen das Herz zwischen sich. Schon bei den Fröschen finden wir, dass sich der einfache Sack durch weitere Ausbildung in einen schwammigen Körper von eigenthümlichem schau-

migen Gewebe verwandelt hat. Dieses Lungen-Gewebe entwickelt sich nach Art einer baumförmig verzweigten traubigen Drüse. Die ursprünglich ganz kurze Verbindungsstelle des Lungensäckchens mit dem Vorderdarm dehnt sich durch einfaches Wachsthum zu einem langen Rohre aus. Dieses Rohr ist die Luftröhre, ein dünner, cylindrischer Canal, welcher oben in den Schlund ausmündet, unten sich in zwei Aeste theilt, die in die beiden Lungen hineinführen. In der Wand der Luftröhre entwickeln sich ringförmige Knorpel, welche dieselbe ausgespannt erhalten, und am oberen Ende derselben, unterhalb ihrer Einmündung in den Schlund, entwickelt sich der Kehlkopf, das Organ der Stimme und Sprache. Der Kehlkopf kommt schon bei den Amphibien auf sehr verschiedenen Stufen der Ausbildung vor, und die vergleichende Anatomie ist im Stande, stufenweise die fortschreitende Entwickelung dieses wichtigen Organes von der ganz einfachen Anlage bei den niederen Amphibien bis zu dem verwickelten und subtilen Stimm-Apparat zu verfolgen, welchen der Kehlkopf bei den Vögeln und Säugethieren darstellt.

So mannichfaltig nun auch diese Organe der Stimme, der Sprache und der Luftathmung bei den verschiedenen höheren Wirbelthieren sich gestalten, so gehen sie doch alle aus derselben einfachen ursprünglichen Anlage hervor, aus einem Bläschen, das aus der Wand des Vorderdarmes hervorwächst. Somit haben Sie sich jetzt von der interessanten Thatsache überzeugt, dass aus dem vorderen Abschnitte des Darmcanals die beiderlei Respirations-Apparate der Wirbelthiere sich entwickeln, nämlich erstens der primäre, ältere Wasserathmungs-Apparat, der Kiemenkorb, welcher bei den drei höheren Wirbelthierklassen völlig verloren geht; und zweitens der secundäre, jüngere Luftathmungs-Apparat, der bei den Fischen nur als Schwimmblase und erst von den Dipneusten aufwärts als Lunge fungirt.

Als ein interessantes rudimentäres Organ des Athmungs-Darmes müssen wir hier beiläufig noch die Schilddrüse (*Thyreoidea*) erwähnen, jene grosse, vorn vor dem Kehlkopfe sitzende Drüse, welche unterhalb des sogenannten „Adamsapfels“ liegt und besonders beim männlichen Geschlecht oft stark hervortritt. Sie entsteht beim Embryo durch Abschnürung von der unteren Wand des Schlundes. Irgend welchen Nutzen für den Menschen besitzt diese Schilddrüse durchaus nicht: sie ist nur insofern von ästhetischem Interesse, als sie in manchen Gebirgsgegenden sehr zu krankhafter

Vergrösserung geneigt ist und dann den vorn am Halse herabhängenden Kropf („Struma") bildet. Viel grösser ist aber ihr dysteleologisches Interesse. Denn wie Wilhelm Müller in Jena gezeigt hat, ist dieses unnütze und hässliche Organ das letzte Ueberbleibsel jener früher von uns betrachteten „Hypobranchial-Rinne", welche bei den Ascidien und beim Amphioxus unten in der Mittellinie des Kiemenkorbes verläuft und hier für die Zuführung der Nahrung zum Magen sehr bedeutungsvoll ist (S. 302; Taf. VIII, Fig. 14—16*y*)[132].

Nicht minder bedeutende Umbildungen, als der erste Hauptabschnitt des Darmrohrs, der Kiemendarm oder Athmungsdarm, erfährt der zweite Hauptabschnitt, der Magendarm oder Verdauungsdarm. Wenn wir jetzt diesen verdauenden oder digestiven Theil des Darmrohrs in seiner Entwickelung weiter verfolgen, so finden wir abermals, dass aus einer ursprünglich sehr einfachen Anlage schliesslich sehr verwickelte und mannichfach zusammengesetzte Organe hervorgehen. Der besseren Uebersicht halber können wir den Verdauungsdarm in drei verschiedene Abschnitte theilen: den Vorderdarm (mit Speiseröhre und Magen), den Mitteldarm (Gallendarm mit Leber und Pankreas, Leerdarm und Krummdarm) und den Hinter-

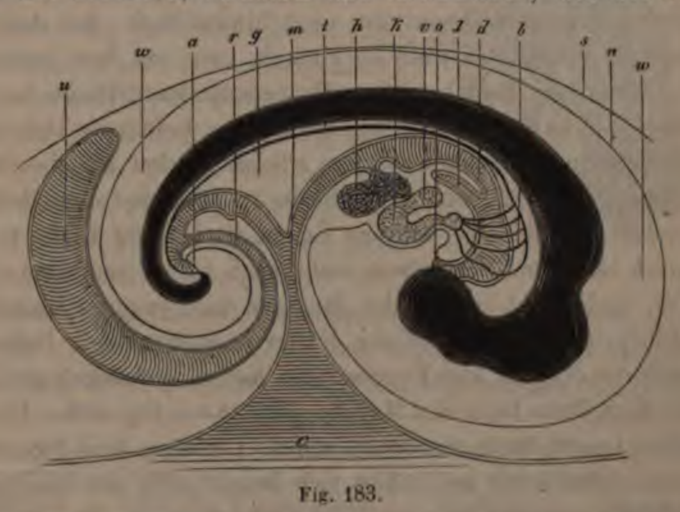


Fig. 183.

Fig. 183. Längsschnitt durch den Embryo eines Hühnchens (vom fünften Tage der Bebrütung). *d* Darm. *o* Mund. *a* After. *l* Lunge. *h* Leber. *g* Gekröse. *v* Herzvorkammer. *k* Herzkammer. *b* Arterienbogen. *l* Aorta. *c* Dottersack. *m* Dottergang. *u* Allantois. *r* Stiel der Allantois. *n* Amnion. *w* Amnionhöhle. *s* Seröse Hülle. (Nach Baer.)

darm (Dickdarm und Mastdarm). Auch hier wieder begegnen wir blasenförmigen Ausstülpungen oder Anhängen des ursprünglich einfachen Darmrohrs, die in sehr verschiedene Theile sich umbilden. Zwei von diesen Anhängen kennen Sie bereits: den Dottersack, der aus der Mitte des Darmrohrs hervorhängt (Fig. 183 *c*), und die Allantois, welche als eine mächtige sackförmige Ausstülpung aus der hinteren Abtheilung des Beckendarmes hervorwächst (Fig. 183 *u*). Als Ausstülpungen aus dem mittleren Theile des Darmes entstehen die beiden grossen Drüsen, welche in das Duodenum einmünden, Leber (Fig. 183 *h*) und Bauchspeicheldrüse.

Unmittelbar hinter der bläschenförmigen Anlage der Lungen folgt derjenige Abschnitt des Darmrohrs, welcher den wichtigsten Theil des Verdauungs-Apparates, nämlich den Magen, bildet (Fig. 181 *d*, 182 *b*). Dieses sackförmige Organ, in welchem vorzugsweise die Auflösung und Verdauung der Speisen erfolgt, ist bei den niederen Wirbelthieren nicht von der zusammengesetzten Beschaffenheit wie bei den höheren. So erscheint derselbe z. B. bei vielen Fischen als eine ganz einfache spindelförmige Erweiterung im Anfang des digestiven Darmabschnittes, der in der Mittelebene des Körpers unterhalb der Wirbelsäule ganz gerade von vorn nach hinten läuft. Bei den Säugethieren ist die Anlage auch so einfach, wie sie hier zeitlebens bleibt. Allein sehr bald beginnen die verschiedenen Theile des Magensackes sich ungleichmässig zu entwickeln. Indem die linke Seite des spindelförmigen Schlauches viel stärker wächst als die rechte und indem gleichzeitig eine bedeutende Axendrehung desselben erfolgt, erhält er bald eine schräge Lage. Das obere Ende kommt mehr nach links und das untere mehr nach rechts zu liegen. Das vorderste Ende zieht sich in den längeren und engeren Canal der Speiseröhre aus. Unterhalb der letzteren buchtet sich links der Blindsack des Magens (der Fundus) aus, und so entwickelt sich allmählich die spätere Form des Magens (Fig. 184 *e*, Fig. 179). Die ursprünglich longitudinale Axe steigt schräg von oben und links nach unten und rechts herab und nähert sich immer mehr der transversalen Richtung. In der äusseren Schicht der Magenwand entwickeln sich aus dem Darmfaserblatte die mächtigen Muskeln, welche die kräftigen Verdauungs-Bewegungen des Magens vermitteln. In der inneren Schicht hingegen entwickeln sich aus dem Darmdrüsenblatte zahllose kleine Drüsen. Das sind die Labdrüsen, welche den wich-

tigsten Verdauungssaft, den Magensaft oder Labsaft liefern. Am unteren Ende des Magenschlauchs entsteht der Klappenverschluss, welcher als „Pförtner“ (Pylorus) denselben vom Dünndarm trennt (Fig. 179*d*).

Unterhalb des Magens entwickelt sich nun die unverhältnissmässig lange Strecke des Mitteldarms oder des eigentlichen **Dünndarms**, auf den dann der Dickdarm folgt. Die Entwickelung dieses Abschnittes ist sehr einfach und beruht im Wesentlichen auf einem sehr raschen und beträchtlichen Längenwachsthum. Ursprünglich ist auch dieser Abschnitt sehr kurz, ganz gerade und einfach, entsprechend dem einfachen, geraden Hinterdarm der Fische. Aber gleich hinter dem Magen tritt schon sehr frühzeitig eine hufeisenförmige Krümmung und Schlingenbildung des Darmcanals auf, in Zusammenhang mit der Abschnürung des Darmrohrs vom Dottersack und mit der Entwickelung des ersten Gekröses oder des Mesenterium. (Vergl. Taf. III, Fig. 14*g* und Fig. 75, S. 265.) Wie ein kleiner Nabelbruch tritt aus der Bauchöffnung des Embryo, vor Schliessung der Bauchwand, eine hufeisenförmige Darmschlinge hervor (Fig. 75*m*), in deren Wölbung der Dottersack oder die Nabelblase einmündet (Fig. 75*n*). Die zarte dünne Haut, welche diese Darmschlinge



Fig. 184.

Fig. 184. **Menschlicher Embryo, fünf Wochen alt**, von der Bauchseite, geöffnet (wie Fig. 73). Brustwand, Bauchwand und Leber sind entfernt. 3 Aeusserer Nasenfortsatz. 4 Oberkiefer. 5 Unterkiefer. *z* Zunge. *v* Rechte, *v'* linke Herzkammer. *o'* Linke Herzvorkammer. *b* Ursprung der Aorta. *b' b'' b'''* Erster, zweiter, dritter Aortenbogen. *c c' c''* Hohlvenen. *ae* Lungen (*y* Lungenarterien). *e* Magen. *m* Urnieren. (*j* Linke Dottervene. *s* Pfortader. *a* rechte Dotterarterie. *n* Nabelarterie. *u* Nabelvene.) *x* Dottergang. *i* Enddarm. 8 Schwanz. 9 Vorderbein. 9' Hinterbein. (Nach Coste.)

an der Bauchseite der Wirbelsäule befestigt und die innere Krümmung der hufeisenförmigen Windung ausfüllt, ist die erste Anlage des Gekröses (Fig. 183 *g*) Die am weitesten vorspringende Stelle der Schlinge, in welche der Dottersack einmündet (Fig. 184 *x*) und die sich später durch den Darmnabel verschliesst, entspricht dem Theile des späteren Dünndarms, den man Krummdarm (Ileum) nennt. Schon frühzeitig macht sich ein sehr bedeutendes Wachsthum des Dünndarms bemerkbar; derselbe wird dadurch genöthigt, sich in viele Schlingen zusammenzulegen. In sehr einfacher Weise differenziren sich später die einzelnen Abschnitte, welche hier noch zu unterscheiden sind: der dem Magen zunächst liegende Gallendarm (Duodenum), der lange darauf folgende Leerdarm (Jejunum) und der letzte Abschnitt des Dünndarms, der Krummdarm (Ileum.)

Aus dem Gallendarm oder Duodenum wachsen als Ausstülpungen die beiden grossen Drüsen hervor, welche wir vorhin nannten: die Leber und die Bauchspeicheldrüse. Die Leber erscheint zuerst in Form von zwei kleinen Säckchen, welche rechts und links gleich hinter dem Magen hervortreten (Fig. 181 *f*, 182 *c*). Bei vielen niederen Wirbelthieren bleiben anfänglich beide Lebern lange Zeit (bei den Myxinoiden sogar zeitlebens) ganz getrennt und verwachsen nur unvollständig. Bei den höheren Wirbelthieren hingegen verwachsen bald beide Lebern mehr oder weniger vollständig zu einem unpaaren grossen Organ. Das Darmdrüsenblatt, welches die hohlen schlauchförmigen Anlagen der Leber auskleidet, treibt eine Masse von verästelten Sprossen in das umhüllende Darmfaserblatt hinein. Indem diese soliden Sprossen (Reihen von Drüsenzellen) sich weiter noch vielfach verzweigen und indem ihre Zweige sich verbinden, entsteht das eigenthümliche netzförmige Gefüge der ausgebildeten Leber. Die Leberzellen, als die secernirenden Organe, welche die Galle bilden, sind alle aus dem Darmdrüsenblatte hervorgegangen. Die bindegewebige Fasermasse hingegen, welche dieses gewaltige Zellennetz zu einem grossen compacten Organe verbindet und das Ganze umhüllt, entsteht aus dem Darmfaserblatte. Von diesem letzteren stammen auch die mächtigen Blutgefässe, welche die ganze Leber durchziehen, und deren zahllose, netzförmig verbundene Aeste sich mit dem Netzwerk der Leberzellen-Balken durchflechten. Die Gallen-Canäle, welche die ganze Leber durchziehen und die Galle sammeln und in den Darm abführen, entstehen als Intercellular-Gänge in der Axe

der soliden Zellenstränge. Sie münden sämmtlich in die beiden primitiven Hauptgallengänge ein, welche aus der Basis der beiden ursprünglichen Darmausstülpungen entstehen. Beim Menschen und vielen anderen Wirbelthieren vereinigen sich die letzteren später zu einem einfachen Gallengang, der an der inneren Seite in den absteigenden Theil des Gallendarms einmündet. Die Gallenblase entsteht als eine hohle Ausstülpung aus dem rechten ursprünglichen Lebergange. Das Wachsthum der Leber ist anfangs äusserst lebhaft. Beim menschlichen Embryo erreicht dieselbe schon im zweiten Monate der Entwickelung einen so bedeutenden Umfang, dass sie im dritten Monate den bei weitem grössten Theil der Leibeshöhle ausfüllt (Fig. 185). Anfänglich sind beide Hälften gleich stark entwickelt; später bleibt die linke bedeutend hinter der rechten zurück. In Folge der unsymmetrischen Entwickelung und Drehung des Magens und anderer Bauch-Eingeweide wird später die ganze Leber auf die rechte Seite hinübergedrängt. Obgleich das Wachsthum der Leber später nicht mehr so unverhältnissmässig, so ist sie doch auch noch am Ende der Schwangerschaft beim Embryo relativ viel grösser als beim Erwachsenen. Ihr Gewicht verhält sich zu dem des ganzen Körpers bei letzterem = 1 : 36, bei ersterem = 1 : 18. Ihre physiologische Bedeutung während des embryonalen Lebens, die demgemäss sehr gross ist, besteht vorzüglich in ihrem Antheil an der Blutbildung, weniger in der Gallenabsonderung.



Fig. 185.

Unmittelbar hinter der Leber wächst aus dem Gallendarm eine zweite grosse Darmdrüse hervor, die Bauchspeicheldrüse oder das Pancreas. Auch dieses Organ, welches nur die Schädelthiere besitzen, entsteht als eine hohle sackförmige Ausstülpung der Darmwand. Das Darmdrüsenblatt derselben treibt solide verästelte Sprossen, welche nachträglich hohl werden. Ganz ähnlich wie die Spei-

Fig. 185. Brust- und Bauch-Eingeweide eines menschlichen Embryo von zwölf Wochen, in natürlicher Grösse, nach KOELLIKER. Der Kopf ist weggelassen; Brustwand und Bauchwand sind fortgenommen. Der grösste Theil der Bauchhöhle wird von der Leber erfüllt, aus deren mittlerem Einschnitte der Blinddarm (*v*) mit dem Wurmfortsatz hervorragt. Oberhalb des Zwerchfells ist in der Mitte das Herz, rechts und links davon die kleinen Lungen sichtbar.

cheldrüsen der Mundhöhle entwickelt sich so auch die Bauchspeicheldrüse zu einer grossen und sehr zusammengesetzten traubenförmigen Drüse. Der Ausführgang derselben, welcher den Bauchspeichel in den Gallendarm leitet *(Ductus pancreaticus)*, scheint ursprünglich einfach und unpaar zu sein. Später ist er oft doppelt.

Der letzte Abschnitt des Darmrohres, der Enddarm oder Dickdarm *(Epigaster)* ist anfangs beim Embryo der Säugethiere ein ganz einfaches, kurzes und gerades Rohr, welches hinten durch den After mündet. Bei den niederen Wirbelthieren bleibt er so zeitlebens. Bei den Säugethieren hingegen wächst er beträchtlich, legt sich in Windungen zusammen und sondert sich in verschiedene Abschnitte, von denen der vordere längere als Grimmdarm *(Colon)* der hintere kürzere als Mastdarm *(Rectum)* bezeichnet wird. Am Anfange des ersteren bildet sich eine Klappe *(Valvula Baubini)*, welche den Dickdarm vom Dünndarm trennt. Gleich dahinter entsteht eine taschenförmige Ausstülpung, welche sich zum Blinddarm *(Coecum)* erweitert (Fig. 185 *v*). Bei den pflanzenfressenden Säugethieren wird dieser sehr gross, während er bei den fleischfressenden sehr klein bleibt oder ganz verkümmert. Beim Menschen, wie bei den meisten Affen, wird bloss das Anfangsstück des Blinddarms weit; das blinde Endstück bleibt sehr eng und erscheint später bloss als ein unnützer Anhang des ersteren. Dieser „wurmförmige Anhang" *(Appendix vermiformis)* ist als rudimentäres Organ für die Dysteleologie von Interesse. Seine einzige Bedeutung für den Menschen besteht darin, dass bisweilen ein Rosinenkern oder ein anderes hartes und unverdauliches Speisetheilchen in seiner engen Höhle stecken bleibt und durch Entzündung und Vereiterung desselben den Tod sonst ganz gesunder Menschen herbeiführt. Bei unseren pflanzenfressenden Vorfahren war dieses rudimentäre Organ hingegen grösser und besass physiologischen Werth.

Als eine wichtige Anhangsbildung des Darmrohres ist schliesslich die Harnblase und Harnröhre zu erwähnen, welche ihrer Entwickelung und also auch ihrem morphologischen Werthe nach zum Darm-System gehören. Diese Harnorgane, welche als Behälter und Ausflussröhren für den von den Nieren abgeschiedenen Harn dienen, entstehen aus dem untersten oder innersten Theile des Allantois-Stieles. Wie Sie wissen, wächst die Allantois (ähnlich der Lunge und Leber) als eine sackförmige blinde Ausbuchtung aus der Vor-

derwand des letzten Darmabschnittes hervor (Fig. 183*u*). Bei den Dipneusten und Amphibien, wo dieser Blindsack zuerst auftritt, bleibt er innerhalb der Leibeshöhle und fungirt ganz als Harnblase. Bei den sämmtlichen Amnioten hingegen wächst er weit aus der Leibeshöhle des Embryo hervor und bildet den grossen „Urharnsack“, aus dem bei den höheren Säugethieren die Placenta entsteht. Bei der Geburt geht diese verloren. Aber der lange Stiel der Allantois (Fig. 183*r*) bleibt bestehen und bildet mit seinem oberen Theile das mittlere Harnblasen-Nabelband (*Ligamentum vesico-umbilicale medium*), ein rudimentäres Organ, welches als solider Strang vom Harnblasen-Scheitel zum Nabel hinaufgeht. Der unterste Theil des Allantois-Stieles (oder des „*Urachus*“) bleibt hohl und bildet die Harnblase. Anfangs mündet diese beim Menschen wie bei den niederen Wirbelthieren noch in den letzten Abschnitt des Hinterdarms ein und es ist also eine wirkliche „Kloake“ vorhanden, welche Harn und Excremente zugleich aufnimmt. Diese Kloake bleibt aber unter den Säugethieren nur bei den Kloakenthieren oder Monotremen (S. 463) zeitlebens bestehen, wie bei allen Vögeln, Reptilien und Amphibien. Bei den sämmtlichen übrigen Säugethieren (Beutelthieren und Placentalthieren) bildet sich später eine quere Scheidewand aus, welche die vorn gelegene „Harngeschlechtsöffnung“ von der dahinter gelegenen Afteröffnung trennt. (Vergl. den XXV. Vortrag.)

Erklärung von Tafel I (Titelbild).

Entwickelungsgeschichte des Gesichts.

Die zwölf Figuren der Taf. I stellen das Gesicht von vier verschiedenen Säugethieren auf drei verschiedenen Stufen der individuellen Entwickelung dar, und zwar Mi—Miii vom Menschen, Fi—Fiii von der Fledermaus, Ki—Kiii von der Katze und Si—Siii vom Schafe. Die drei verschiedenen Entwickelungsstufen sind bei allen vier Säugethieren möglichst entsprechend gewählt, auf ungefähr gleiche Grösse reducirt und von vorn gesehen. Die Buchstaben bedeuten in allen Figuren dasselbe und zwar: *a* Auge. *v* Vorderhirn. *m* Mittelhirn. *s* Stirnfortsatz. *k* Nasendach. *o* Oberkieferfortsatz (des ersten Kiemenbogens). *u* Unterkieferfortsatz (des ersten Kiemenbogens). *h* zweiter Kiemenbogen. *d* dritter Kiemenbogen. *r* vierter Kiemenbogen. *g* Gehörspalte (Rest der ersten Kiemenspalte). *z* Zunge. (Vergl. S. 542 und S. 586, sowie Fig. 73 und 74, S. 264.)

Einunddreissigste Tabelle.

Uebersicht über die wichtigsten Perioden in der Stammesgeschichte des menschlichen Darmsystems.

I. Erste Periode: **Gastraeaden-Darm** (Taf. III, Fig. 9, 10).

Das ganze Darmsystem ist ein einfacher Schlauch (Urdarm), dessen einfache Höhle durch eine Oeffnung (Urmund) nach aussen mündet.

II. Zweite Periode: **Scoleciden-Darm** (Taf. III, Fig. 11).

Das einfache Darmrohr erweitert sich in der Mitte zum Magen und erhält an dem hinteren, dem Urmunde entgegengesetzten Ende eine zweite Oeffnung (primitiver After); wie bei den niederen Würmern.

III. Dritte Periode: **Chordonier-Darm** (Taf. III, Fig. 12).

Das Darmrohr sondert sich in zwei Hauptabschnitte: vorn den Athmungsdarm mit Kiemenspalten (Kiemendarm); hinten den Verdauungsdarm mit der Magenhöhle (Magendarm); wie bei den Ascidien.

IV. Vierte Periode: **Acranier-Darm** (Taf. VIII, Fig. 15).

Zwischen den Kiemenspalten des Athmungsdarmes treten Kiemenleisten auf; aus dem Magenschlauch des Verdauungsdarmes wächst ein Leber-Blindsack hervor; wie bei dem Amphioxus.

V. Fünfte Periode: **Cyclostomen-Darm** (Taf. VIII, Fig. 16).

Aus der Flimmerrinne an der Kiemenbasis (Hypobranchial-Rinne) entwickelt sich die Schilddrüse (Thyreoidea). Aus dem einfachen Leber-Blindsack entwickelt sich eine compacte Leberdrüse.

VI. Sechste Periode: **Urfisch-Darm** (S. 433).

Zwischen den Kiemenspalten treten knorpelige Kiemenbogen auf; die vordersten derselben bilden die Lippenknorpel und das Kiefergerüste (Ober- und Unterkiefer). Aus dem Schlunde wächst die Schwimmblase hervor. Neben der Leber erscheint die Bauchspeicheldrüse. (Selachier.)

VII. Siebente Periode: **Dipneusten-Darm** (S. 439).

Die Schwimmblase verwandelt sich in die Lunge. Die Mundhöhle tritt mit den Nasengruben in Verbindung. Aus dem Hinterdarm wächst die Harnblase hervor. (Lepidosiren.)

VIII. Achte Periode: **Amphibien-Darm** (S. 448).

Die Kiemenspalten verwachsen. Die Kiemen gehen verloren. Aus dem oberen Ende der Luftröhre entsteht der Kehlkopf.

IX. Neunte Periode: **Monotremen-Darm** (S. 514).

Durch das horizontale Gaumendach wird die primitive Mundnasenhöhle in untere Mundhöhle (Speiseweg) und obere Nasenhöhle (Luftweg) geschieden; wie bei allen Amnionthieren.

X. Zehnte Periode: **Marsupialien-Darm** (S. 467).

Die bisher bestehende Kloake zerfällt durch eine Scheidewand in vordere Harngeschlechtsmündung und hinteren Mastdarm-After.

XI. Elfte Periode: **Catarhinen-Darm** (S. 484).

Alle Theile des Darmsystems, und insbesondere das Gebiss, erlangen diejenige besondere Ausbildung, welche der Mensch nur mit den catarhinen Affen gemein hat.

Vierundzwanzigster Vortrag.

Entwickelungsgeschichte des Gefäss-Systems.

„Die morphologische Vergleichung der vollendeten Zustände muss naturgemäss der Erforschung der frühesten Zustände vorausgehen. Nur dadurch erhält die Erforschung der Entwickelungsgeschichte eine bestimmte Orientirung; es wird ihr gleichsam das vorausschauende Auge gegeben, durch welches sie jeden Schritt des Bildungsganges in Beziehung setzen kann zu dem letzten, der erreicht werden soll. Die unvorbereitete Handhabung der Entwickelungsgeschichte tappt allzuleicht im Blinden und führt nicht selten zu den kläglichsten Resultaten, welche weit hinter dem zurückbleiben, was schon vor aller entwickelungsgeschichtlichen Untersuchung unzweifelhaft festgestellt werden konnte."

ALEXANDER BRAUN (1872).

Inhalt des vierundzwanzigsten Vortrages.

Die Anwendung des biogenetischen Grundgesetzes. Die beiden Seiten desselben. Vererbung der conservativen Organe. Anpassung der progressiven Organe. Gegenseitige Ergänzung der Ontogenie und der vergleichenden Anatomie. Die neuen Entwickelungs-Theorien von HIS. Briefcouvert-Theorie und Höllenlappen-Theorie. Hauptkeim und Nebenkeim. Bildungsdotter und Nahrungsdotter. Phylogenetische Entstehung des letzteren aus dem Urdarm. Entstehung des Gefäss-Systems aus dem Gefässblatt oder Darmfaserblatt. Phylogenetische Bedeutung der ontogenetischen Succession der Organ-Systeme. Abweichung von der ursprünglichen Reihenfolge: Ontogenetische Heterochronie. Das relative Alter des Gefäss-Systems. Erste Anfänge desselben: Coeloma. Rückengefäss und Bauchgefäss der Würmer. Einfaches Herz der Ascidien. Rückbildung des Herzens beim Amphioxus. Zweikammeriges Herz der Cyclostomen. Arterienbogen der Selachier. Doppelte Vorkammer der Dipneusten und Amphibien. Doppelte Kammer der Vögel und Säugethiere. Arterienbogen der Vögel und Säugethiere. Keimesgeschichte des menschlichen Herzens. Parallelismus der Stammesgeschichte.

XXIV.

Meine Herren!

Die Anwendung, welche wir bisher in der Organogenie von unserem biogenetischen Grundgesetze gemacht haben, wird Ihnen eine Vorstellung davon gegeben haben, bis zu welchem Maasse wir uns seiner Führung bei Erforschung der Stammesgeschichte überlassen können. Dieses Maass ist bei den verschiedenen Organ-Systemen sehr verschieden; und das liegt daran, dass die Erblichkeit einerseits, die Veränderlichkeit anderseits bei den verschiedenen Organen sich sehr verschieden verhält. Während einige Körpertheile die ursprüngliche, von den uralten Thier-Ahnen ererbte Form und Entwickelungsweise getreu durch Vererbung conserviren und an der ererbten Keimesgeschichte zähe festhalten, zeigen andere Körpertheile umgekehrt eine sehr geringe Fähigkeit zu strenger Vererbung und sind vielmehr sehr geneigt, durch Anpassung neue Formen anzunehmen und die ursprüngliche Ontogenese abzuändern. Jene ersteren Organe stellen in dem vielzelligen Staatskörper des menschlichen Organismus das beharrliche oder conservative, diese letzteren hingegen das veränderliche oder progressive Element dar. Aus der Wechselwirkung beider Richtungen ergiebt sich der Gang der historischen Entwickelung.

Nur bei den conservativen Organen, bei denen im Laufe der Stammesentwickelung die Vererbung das Uebergewicht über die Anpassung beibehält, können wir die Ontogenie unmittelbar auf die Phylogenie anwenden und aus der Umbildung der Keimformen auf die uralte Verwandlung der Stammformen zurückschliessen. Bei den progressiven Organen hingegen, bei denen die Anpassung das Uebergewicht über die Vererbung erhalten hat, ist meistens der ursprüngliche (phylogenetische) Entwickelungsgang im Laufe der Zeit so sehr abgeändert, gefälscht und abgekürzt worden, dass wir durch

die Erscheinungen der Keimesgeschichte nur sehr wenig Sicheres über die Stammesgeschichte derselben erfahren. Hier muss uns dann die vergleichende Anatomie zu Hülfe kommen, die oft viel wichtigere und zuverlässigere Aufschlüsse über die Phylogenie ertheilt, als die Ontogenie vermag. Sie ersehen daraus, wie wichtig es für die richtige und kritische Anwendung des biogenetischen Grundgesetzes ist, stets beide Seiten desselben im Auge zu behalten. Die erste Hälfte dieses fundamentalen Entwickelungsgesetzes öffnet uns die Bahn der Phylogenie, indem sie uns lehrt, aus dem Gange der Keimesgeschichte denjenigen der Stammesgeschichte annähernd zu erkennen: die Keimform wiederholt durch Vererbung die entsprechende Stammform. Die andere Hälfte desselben schränkt aber diesen leitenden Grundsatz ein und macht uns auf die Vorsicht aufmerksam, mit welcher wir denselben anwenden müssen; sie zeigt uns, dass die ursprüngliche Wiederholung der Phylogenese durch die Ontogenese im Laufe vieler Millionen Jahre vielfach abgeändert, gefälscht und abgekürzt worden ist: die Keimform hat sich durch Anpassung von der entsprechenden Stammform entfernt. Je weiter diese Entfernung gegangen ist, desto mehr sind wir genöthigt, für die Erforschung der Phylogenie die Hülfe der vergleichenden Anatomie in Anspruch zu nehmen.

Bei keinem Organ-System des menschlichen Körpers ist dies vielleicht in höherem Maasse der Fall, als bei demjenigen, auf dessen Entwickelungsgeschichte wir jetzt zunächst einen Blick werfen wollen: beim Gefäss-System (Vasculat oder Circulations-Apparat). Wenn man allein aus denjenigen Erscheinungen, welche uns die individuelle Entwickelung dieses Organ-Systems beim Embryo des Menschen und anderer höherer Wirbelthiere darbietet, auf die ursprünglichen Bildungs-Verhältnisse bei unseren älteren thierischen Vorfahren schliessen wollte, so würde man zu gänzlich verfehlten Anschauungen gelangen. Durch eine Menge von einflussreichen Anpassungs-Verhältnissen, unter denen die Ausbildung eines umfangreichen Nahrungsdotters als das wichtigste betrachtet werden muss, ist der ursprüngliche Entwickelungsgang des Gefäss-Systems bei den höheren Wirbelthieren dergestalt abgeändert, gefälscht und abgekürzt worden, dass von vielen der wichtigsten phylogenetischen Verhältnisse hier Wenig oder Nichts mehr in der Ontogenese erhalten ist. Wir würden vor der Erklärung der letzteren

hülflos und rathlos dastehen, wenn uns nicht die vergleichende Anatomie zu Hülfe käme und in der klarsten Weise den richtigen Weg zur Phylogenese zeigte.

Gerade für die Erkenntniss des Gefäss-Systems ist daher die vergleichende Anatomie (ebenso wie für diejenige des Skelet-Systems) von solcher Bedeutung, dass man ohne ihre Leitung keinen einzigen sicheren Schritt in diesem schwierigen Gebiete thun kann. In positiver Weise werden Sie diese Behauptung bestätigt finden, wenn Sie durch das Studium der classischen Arbeiten von JOHANNES MÜLLER, HEINRICH RATHKE und CARL GEGENBAUR das Verständniss des verwickelten Gefäss-Systems zu gewinnen suchen. In negativer Weise wird dieselbe Behauptung nicht minder durch die ontogenetischen Arbeiten von WILHELM HIS bewiesen, eines Leipziger Embryologen, der keine Ahnung von vergleichender Anatomie und demgemäss auch von Phylogenie besitzt. Im Jahre 1868 veröffentlichte dieser fleissige, aber kritiklose Arbeiter umfangreiche „Untersuchungen über die erste Anlage des Wirbelthierleibes“, welche zu den wunderlichsten Erzeugnissen der ganzen ontogenetischen Literatur gehören. Indem der Verfasser glaubt, durch die genaueste Beschreibung der Keimesgeschichte des Hühnchens allein, ohne jede Rücksicht auf vergleichende Anatomie und Phylogenie, zu einer „mechanischen“ Entwickelungs-Theorie gelangen zu können, geräth er auf Irrwege, die in der gesammten, an solchen doch leider nicht armen, biologischen Literatur ihres Gleichen suchen. Als Endresultat seiner Untersuchungen verkündet HIS, „dass ein verhältnissmässig einfaches Wachsthumsgesetz das einzig Wesentliche bei der ersten Entwickelung ist. Alle Formung, bestehe sie in Blätterspaltung, in Faltenbildung oder in vollständiger Abgliederung, geht als eine Folge aus jenem Grundgesetz hervor.“ Leider sagt uns der Autor nur nicht, worin dieses allumfassende „Wachsthumsgesetz“ denn eigentlich besteht: ebenso wenig als andere Gegner der Descendenz-Theorie, die an deren Stelle ein „grosses Entwickelungsgesetz“ annehmen, uns von der Natur desselben irgend Etwas zu sagen wissen. Hingegen lässt sich aus dem Studium der ontogenetischen Arbeiten von HIS bald erkennen, dass in seiner Vorstellung die bildende „Mutter Natur“ weiter Nichts als eine geschickte Kleidermacherin ist. Durch verschiedenartiges Zuschneiden der Keimblätter, Krümmen und Falten, Zerren und Spalten

derselben, gelingt es der genialen Schneiderin leicht, alle die mannichfaltigen Formen der Thierarten durch „Entwickelung“ (!) zu Stande zu bringen. Vor Allem spielen die Krümmungen und Faltungen die wichtigste Rolle. „Nicht nur die Abgrenzung von Kopf und Rumpf, von rechts und links, von Stamm und Peripherie, nein auch die Anlage der Gliedmaassen, sowie die Gliederung des Gehirns, der Sinnesorgane, der primitiven Wirbelsäule, des Herzens und der zuerst auftretenden Eingeweide lassen sich mit zwingender Nothwendigkeit (!) als mechanische Folgen der ersten Faltenentwickelung demonstriren!“ Am possirlichsten ist, wie die Schneiderin bei Fabrication der zwei paar Gliedmaassen verfährt: „Ihre Anlage wird, den vier Ecken eines Briefes ähnlich, durch die Kreuzung von vier, den Körper angrenzenden Falten bestimmt.“ Doch wird diese herrliche „Briefcouvert-Theorie“ der Wirbelthier-Beine noch übertroffen durch die „Höllenlappen-Theorie“, welche His von der Entstehung der rudimentären Organe giebt; „Organe, denen (wie der Hypophysis und der Schilddrüse) bis jetzt keine physiologische Rolle sich hat zutheilen lassen; es sind embryologische Residuen, den Abfällen vergleichbar, welche beim Zuschneiden eines Kleides auch bei der sparsamsten Verwendung des Stoffes sich nicht völlig vermeiden lassen (!).“ Hätten unsere schädellosen Ahnen in der Silurzeit von solchen Verstandes-Verirrungen ihrer grübelnden Menschen-Epigonen eine Ahnung gehabt, sie hätten gewiss lieber auf den Besitz der Flimmerrinne am Kiemenkorbe ganz verzichtet, statt sie auf den heutigen Amphioxus zu vererben, und als letzten Rest derselben uns das eben so hässliche als unnütze Geschenk der Schilddrüse zu hinterlassen (vergl. S. 615).

Sie werden wahrscheinlich denken, dass die ontogenetischen „Entdeckungen“ von His, die durch den beigegebenen Aufwand mathematischer Berechnungen in doppelt komischem Lichte erscheinen, in den urtheilsfähigen Kreisen der Fachgenossen nur eine vorübergehende Erheiterung hervorgerufen haben. Weit gefehlt! Nicht allein sind dieselben sofort nach ihrem Erscheinen vielfach als der Beginn einer „mechanischen“ neuen Aera in der Ontogenie gepriesen worden; sondern auch jetzt noch können Sie zahlreiche Bewunderer derselben finden, und Nacharbeiter, die aus den von His betretenen Irrwegen möglichst breit getretene Wege der Wissenschaft zu machen suchen. Gerade deshalb fühlte ich mich verpflichtet, Sie auf

das völlig Verfehlte derselben ausdrücklich hinzuweisen. Besondere Veranlassung dazu bietet uns das Gefäss-System. Denn als einen der wichtigsten Fortschritte, die His durch seine neue Auffassung der Keimesgeschichte herbeiführen will, betrachtet er seine Erkenntniss, dass „das Blut und die Gewebe der Bindesubstanz" (also der grösste Theil des Gefäss-Systems) nicht aus den beiden primären Keimblättern hervorgehen, wie alle übrigen Organe; sondern vielmehr „aus den Elementen des weissen Dotters". Dieser letztere wird als „Nebenkeim oder Parablast" bezeichnet, im Gegensatz zu dem „Hauptkeim oder Archiblast" (der aus den beiden primären Keimblättern zusammengesetzten Keimscheibe).

Diese ganze künstliche Entwickelungs-Theorie von His, und vor Allem der unnatürliche Gegensatz vom Hauptkeim und Nebenkeim, fällt wie ein Kartenhaus zusammen, sobald man die Anatomie und Ontogenie des Amphioxus betrachtet, jenes unschätzbaren niedersten Wirbelthieres, das allein im Stande ist, uns über die schwierigsten und dunkelsten Entwickelungs-Verhältnisse der höheren Wirbelthiere, und also auch des Menschen, aufzuklären. Die Gastrula des Amphioxus (Taf. VII, Fig. 10), den His gar nicht zu kennen scheint, wirft für sich allein schon jene ganze künstliche Theorie über den Haufen. Denn diese Gastrula lehrt uns, dass alle verschiedenen Organe und Gewebe des ausgebildeten Wirbelthieres ursprünglich sich einzig und allein aus den beiden primären Keimblättern entwickelt haben. Der entwickelte Amphioxus besitzt ein differenzirtes Gefäss-System und ein im ganzen Körper ausgebreitetes Gerüste von „Geweben der Bindesubstanz", so gut wie alle anderen Wirbelthiere, und doch ist ein „Nebenkeim", aus dem diese Gewebe im Gegensatze zu den übrigen hervorgehen sollen, hier überhaupt gar nicht vorhanden!

Die aus der Gastrula entstehende Larve des Amphioxus wirft aber auch in ihrer weiteren Entwickelung die wichtigsten Streiflichter auf die schwierige Entwickelungsgeschichte des Gefäss-Systems. Sie beantwortet uns zunächst die früher schon mehrfach hervorgehobene, hochwichtige Frage von der Entstehung der vier secundären Keimblätter: sie zeigt uns klar, dass das Hautfaserblatt aus dem Exoderm, das Darmfaserblatt hingegen in analoger Weise aus dem Entoderm der Gastrula entsteht; der dabei zwischen beiden Faserblättern auftretende Hohlraum ist die erste Anlage der Leibes-

höhle oder des Coeloms (Fig. 55, S. 233). Indem die Amphioxus-Larve dergestalt beweist, dass die Blätterspaltung bei den niedersten Wirbelthieren dieselbe wie bei den Würmern ist (Fig. 56), stellt sie zugleich die phylogenetische Verbindung zwischen den Würmern und den höheren Wirbelthieren her. Indem ferner die primitiven Gefässstämme bei dem Amphioxus in der Darmwand selbst entstehen und hier ebenso wie bei den Embryonen der übrigen Wirbelthiere aus dem Darmfaserblatte hervorgehen, überzeugen wir uns, dass das letztere mit Recht schon von den früheren Embryologen als Gefässblatt bezeichnet worden ist. Wir überzeugen uns ferner durch die vergleichende Ontogenie der verschiedenen Wirbelthier-Klassen davon, dass das Gefässblatt ursprünglich überall dasselbe ist. Auch bei den höheren Wirbelthieren mit partieller Furchung (namentlich Vögeln und Reptilien), wo nach den neuesten wichtigen Untersuchungen von GOETTE [133] die ersten Blutzellen aus dem Nahrungsdotter entstehen, sind diese aus dem Entoderm ursprünglich abzuleiten. Ueberhaupt ist ja der ganze Nahrungsdotter (der allein den Schädelthieren zukommt, den Schädellosen überhaupt noch fehlt) nur als ein secundäres Product des Entoderms zu betrachten. GOETTE hat kürzlich gezeigt, dass auch der Nahrungsdotter oder „Nebenkeim") der Furchung unterliegt, die hier nur viel langsamer als beim Bildungsdotter (oder „Hauptkeim") erfolgt. Dadurch wird der früher von uns betonte Gegensatz zwischen totaler und partieller Furchung (S. 166) aufgehoben oder nur als ein quantitativer (nicht qualitativer) nachgewiesen. Die aus der Furchung des Nahrungsdotters entstehenden „Dotterzellen" sind aber phylogenetisch aus einem Theile der ursprünglichen Entoderm-Zellen hervorgegangen: sind abgeleitete Bestandtheile des inneren primären Keimblattes. Der ganze gefurchte Nahrungsdotter ist ein Bestandtheil des primären Darmrohrs oder „Urdarms", des phylogenetisch ältesten Organes. (Vergl. S. 234 und 603.)

Wenn wir nun, von diesem Gesichtspunkte ausgehend, die Entwickelungsgeschichte des menschlichen Gefäss-Systems in Betracht ziehen, so wird es gut sein, zuvor noch einiges Allgemeine über dessen Zusammensetzung und Bedeutung zu bemerken. Das Gefäss-System stellt beim Menschen, wie bei allen Schädelthieren, einen verwickelten Apparat von Hohlräumen dar, die mit Säften oder zel-

lenhaltigen Flüssigkeiten erfüllt sind. Die Gefässe spielen eine wichtige Rolle bei der Ernährung des Körpers. Theils führen sie die ernährende Blutflüssigkeit in den verschiedenen Körpertheilen umher (Blutgefässe); theils sammeln sie die verbrauchten Säfte und führen sie aus den Geweben fort (Lymphgefässe). Mit diesen letzteren stehen auch die grossen „serösen Höhlen" des Körpers in Zusammenhang, vor allen die Leibeshöhle oder das Coelom. Als Bewegungs-Centrum für den regelmässigen Umlauf der Säfte fungirt das Herz, ein starker Muskelschlauch, der sich regelmässig pulsirend zusammenzieht, und gleich einem Pumpwerk mit Klappen-Ventilen ausgestattet ist. Durch diesen beständigen und regelmässigen Kreislauf des Blutes wird allein der complicirte Stoffwechsel der höheren Thiere ermöglicht.

So gross nun auch die Bedeutung des Gefäss-Systems für den höher entwickelten und stark differenzirten Thierkörper ist, so stellt dasselbe doch keineswegs einen so unentbehrlichen Apparat des Thierlebens dar, wie gewöhnlich angenommen wird. Die ältere Medicin betrachtete das Blut als die eigentliche Lebensquelle und die „Humoral-Pathologie" leitete die meisten Krankheiten von „verdorbener Blutmischung" ab. Ebenso spielt in den heute noch herrschenden dunkeln Vorstellungen von der Vererbung das Blut die erste Rolle. Wie man allgemein von Vollblut, Halbblut u. s. w. spricht, so ist auch die Meinung allgemein verbreitet, dass die erbliche Uebertragung bestimmter morphologischer und physiologischer Eigenthümlichkeiten von den Eltern auf die Kinder „im Blute liegt". Dass diese üblichen Vorstellungen vollkommen falsch sind, können Sie schon daraus ermessen, dass weder bei dem Zeugungs-Acte das Blut der Eltern auf den erzeugten Keim unmittelbar übertragen wird, noch auch der Embryo frühzeitig in den Besitz des Blutes gelangt. Sie wissen bereits. dass nicht allein die Sonderung der vier secundären Keimblätter, sondern auch die Anlage der wichtigsten Organe beim Embryo aller Wirbelthiere bereits stattgefunden hat, ehe die Anlage des Gefäss-Systems, des Herzens und des Blutes erfolgt. Dieser ontogenetischen Thatsache entsprechend müssen wir das Gefäss-System von phylogenetischem Gesichtspunkte aus zu den jüngsten, wie umgekehrt das Darmsystem zu den ältesten Einrichtungen des Thierkörpers rechnen. Jedenfalls ist das Gefässsystem erst viel später als das Darmsystem entstanden.

Wenn man nämlich das biogenetische Grundgesetz richtig würdigt, so kann man aus der ontogenetischen Reihenfolge, in welcher die verschiedenen Organe des Thierkörpers beim Embryo nach einander auftreten, einen annähernden Schluss auf die phylogenetische Reihenfolge ziehen, in welcher dieselben Organe in der Ahnenreihe der Thiere stufenweise nach einander sich entwickelt haben. Ich habe in meiner „Gastraea-Theorie“ [13]) einen ersten Versuch gemacht, in dieser Weise „die phylogenetische Bedeutung der ontogenetischen Succession der Organ-Systeme“ festzustellen. Jedoch ist zu bemerken, dass diese Succession bei den höheren Thierstämmen nicht überall genau dieselbe ist. Bei den Wirbelthieren, und also auch bei unserer eigenen Ahnenreihe wird sich die Altersfolge der Organ-Systeme wohl ziemlich sicher folgendermaassen gestalten: I. Hautsystem (1) und Darmsystem (2). II. Nervensystem (3) und Muskelsystem (4). III. Nierensystem (5). IV. Gefässsystem (6). V. Skeletsystem (7). VI. Geschlechtssystem (8).

Zunächst beweist die Gastrula, dass bei sämmtlichen Thieren mit Ausnahme der Urthiere — also bei allen Darmthieren oder Metazoen — ursprünglich in erster Reihe zwei primäre Organ-Systeme gleichzeitig entstanden: das Hautsystem (Hautdecke) und das Darmsystem (Magenschlauch). Ersteres wird in seiner ältesten und einfachsten Form durch das Hautblatt oder Exoderm, letzteres durch das Darmblatt oder Entoderm der Gastraea dargestellt. Da wir diesen beiden primären Keimblättern bei sämmtlichen Darmthieren, vom einfachsten Schwamm bis zum Menschen hinauf, denselben Ursprung und also auch dieselbe morphologische Bedeutung zuschreiben dürfen, so erscheint uns die Homologie derselben jene Annahme hinreichend zu begründen.

Bei vielen niederen Thieren bildet sich nach erfolgter Sonderung der beiden primären Keimblätter zunächst ein inneres oder äusseres Skelet aus (so namentlich bei den Schwämmen, Corallen und anderen Pflanzenthieren). Bei den Vorfahren der Wirbelthiere trat aber die Skeletbildung erst viel später ein, zuerst bei den Chordoniern (S. 415). Vielmehr entstanden hier nächst dem Hautsystem und Darmsystem gleichzeitig zwei andere Organ-Systeme: Nervensystem und Muskelsystem. Wie diese beiden, sich gegenseitig bedingenden Organsysteme zu gleicher Zeit sich selbstständig, in Wechselwirkung und doch in Gegensatz zu einander entwickelten,

hat zuerst NICOLAUS KLEINENBERG in seiner ausgezeichneten Monographie der Hydra, des gemeinen Süsswasserpolypen, gezeigt[134]). Bei diesem interessanten Thierchen treiben einzelne Zellen des Hautblattes faserförmige Fortsätze nach innen, welche das Contractionsvermögen, die für die Muskeln charakteristische Fähigkeit der Zusammenziehung in constanter Richtung, erwerben. Der äussere, rundliche Theil der Exodermzelle bleibt empfindlich und fungirt als Nervenelement; der innere, faserförmige Theil derselben Zelle wird contractil und fungirt, indem er von ersterem zur Zusammenziehung angeregt wird, als Muskelelement. Diese merkwürdigen „Neuromuskel-Zellen" vereinigen also noch in einem einzigen Individuum erster Ordnung die Functionen zweier Organ-Systeme. Ein Schritt weiter: die innere muskulöse Hälfte der Neuromuskelzelle bekommt ihren eigenen Kern und löst sich von der äusseren nervösen Hälfte ab — und beide Organ-Systeme besitzen ihr selbstständiges Form-Element. Die Abspaltung des muskulösen Hautfaserblattes von dem nervösen Hautsinnesblatte bei den Embryonen der Würmer bestätigt uns diesen wichtigen phylogenetischen Process (Fig. 36, 38, S. 196).

Erst nachdem die genannten vier Organ-Systeme bereits bestanden, hat sich drittens in der Vorfahren-Reihe des Menschen ein Apparat entwickelt, der auf den ersten Blick nur untergeordnete Bedeutung zu besitzen scheint, der aber durch sein frühzeitiges Auftreten in der Thierreihe und beim Embryo beweist, dass er ein hohes Alter und daher auch einen grossen physiologischen und morphologischen Werth besitzen muss. Das ist der Harnapparat oder das Nieren-System, dasjenige Organ-System, welches die unbrauchbaren Säfte aus dem Körper auszuscheiden und zu entfernen hat. Sie wissen bereits, wie frühzeitig die erste Anlage der Urnieren beim Embryo aller Wirbelthiere auftritt, lange bevor vom Herzen eine Spur zu entdecken ist. Dem entsprechend finden wir auch ein Paar einfache Urnieren-Canäle (die sogenannten „Excretions-Canäle oder Wassergefässe") in dem gestaltenreichen Würmer-Stamme fast allgemein verbreitet vor. Sogar die niedersten Würmer-Klassen, welche noch keine Leibeshöhle und kein Gefässsystem besitzen, sind mit diesen „Urnieren" ausgestattet.

Erst in vierter Reihe hat sich bei unseren wirbellosen Ahnen nach dem Nierensystem das Gefäss-System entwickelt. Das zeigt uns deutlich die vergleichende Anatomie der Würmer. Die niederen

Würmer (*Acoelomi*) besitzen noch keinen Theil des Gefäss-Systems, keine Leibeshöhle, kein Blut, kein Herz, keine Gefässe; so namentlich die grosse Abtheilung der Plattwürmer oder Plathelminthen (Strudelwürmer, Saugwürmer, Bandwürmer). Erst bei den höheren Würmern, die wir deshalb *Coelomati* nennen, beginnt sich eine mit Blut erfüllte Leibeshöhle, ein Coelom zu bilden; und daneben entwickeln sich dann weiterhin noch besondere Blutgefässe. Diese Einrichtungen haben sich von den Coelomaten auf die vier höheren Thierstämme vererbt.

Während die angeführten Organ-Systeme den Wirbelthieren und den drei höheren Thierstämmen der Gliederthiere, Weichthiere und Sternthiere gemeinsam sind, und wir annehmen dürfen, dass sie alle dieselben als gemeinsames Erbstück von den Coelomaten erhalten haben, stossen wir nunmehr in dem inneren Skelet-System auf einen passiven Bewegungs-Apparat, der in dieser Form den Wirbelthieren ausschliesslich eigenthümlich ist. Nur die allererste Anlage desselben, die einfache Chorda, treffen wir bereits bei den nächsten wirbellosen Blutsverwandten der Wirbelthiere, bei den Ascidien an. Wir schliessen aber daraus, dass die gemeinsamen Vorfahren Beider, die Chordonier, sich verhältnissmässig spät erst von den Würmern abgezweigt haben. Freilich gehört die Chorda zu denjenigen Organen, welche sehr frühzeitig beim Wirbelthier-Embryo auftreten; allein offenbar liegt hier eine ontogenetische Heterochronie vor, d. h. eine allmählich durch embryonale Anpassungen bewirkte Verschiebung der ursprünglichen phylogenetischen Succession, wie sie auch bei der Ontogenie anderer Organe vielfach beobachtet wird [135]. Sicher darf man aus vergleichend-anatomischen Gründen annehmen, dass die erste Entstehung des Skeletsystems derjenigen des Nierensystems und des Gefässsystems nicht vorangegangen, sondern nachgefolgt ist, trotzdem die Ontogenie das Gegentheil zu lehren scheint.

Zuletzt von allen Organ-Systemen hat sich endlich bei unseren Vorfahren sechstens das Geschlechts-System entwickelt: wohlverstanden insofern zuletzt, als die Geschlechtswerkzeuge später als alle anderen Organe die selbstständige Form eines besonderen Organ-Systems erlangt haben. In einfachster Form sind die die Fortpflanzung vermittelnden Zellen freilich uralt. Nicht nur die niedersten Würmer und Pflanzenthiere pflanzen sich bereits durch

geschlechtliche Zeugung fort, sondern auch bei der gemeinsamen Stammform aller Metazoen, bei der Gastraea, ist dasselbe wahrscheinlich schon der Fall gewesen. Allein bei allen diesen niederen Thieren constituiren die Fortpflanzungszellen keine besonderen Geschlechtsorgane in morphologischem Sinne; sie sind vielmehr, wie wir demnächst sehen werden, einfache Bestandtheile anderer Organe.

Wenn diese phylogenetische Deutung der ontogenetischen Succession der Organ-Systeme und ihre Correction durch die vergleichende Anatomie richtig ist, — und ich glaube das in meiner Gastraea-Theorie hinreichend gezeigt zu haben — so eröffnet sie uns einen interessanten Einblick in das gänzlich verschiedene Alter unserer wichtigsten Körperbestandtheile. Haut und Darm des Menschen sind demnach viele Jahrtausende älter, als Muskeln und Nerven; diese wiederum besitzen ein viel höheres Alter als Nieren und Blutgefässe, und letztere endlich sind um viele tausend Jahre älter als das Skelet und die Geschlechtsorgane. Es ist also vollkommen irrthümlich, wenn man gewöhnlich das Gefässsystem als eines der wichtigsten und ursprünglichsten Organsysteme betrachtet; eben so falsch, als die Annahme des ARISTOTELES, dass das Herz im bebrüteten Hühnchen der zuerst gebildete Theil sei. Vielmehr lehren uns alle niederen Darmthiere deutlich, dass die historische Entwickelung des Gefässsystems erst in einer verhältnissmässig späten Zeit begonnen hat. Nicht allein alle Pflanzenthiere (Schwämme, Corallen, Hydropolypen, Medusen) entbehren des Gefässsystems vollständig, sondern ebenso auch alle niederen Würmer (Acoelomi). Hier wie dort wird der durch die Verdauung gewonnene Saft direct vom Darmrohr aus durch Fortsetzungen desselben durch „Gastrocanäle" in die verschiedenen Körpertheile geleitet. Erst bei den mittleren und höheren Würmern beginnt sich das Gefässsystem zu entwickeln, indem sich um den Darm herum ein einfacher Hohlraum bildet („Coeloma") oder ein System von zusammenhängenden Lücken, in welchen sich die durch die Darmwand durchgeschwitzte Ernährungsflüssigkeit sammelt (Blut).

In der Ahnenreihe des Menschen begegnen wir diesen ersten Anfängen des Gefässsystems bei derjenigen Würmer-Gruppe, die wir früher als Weichwürmer (*Scolecida*) charakterisirt haben (S. 410). Wie Sie sich erinnern werden, bildeten diese Scoleciden eine Reihe von Zwischenstufen zwischen den niedersten blutlosen Urwürmern (Archelminthen, S. 406) und den bereits mit Gefässsystem und Chorda

versehenen Chordawürmern (Chordoniern, S. 414). Bei den älteren Scoleciden wird das Gefässsystem mit der Bildung eines ganz einfachen Coeloms begonnen haben, einer mit Saft erfüllten „Leibeshöhle“, welche das Darmrohr umgiebt. Ihre Entstehung wird durch Ansammlung von ernährender Flüssigkeit in einer Spalte zwischen Darmfaserblatt und Hautfaserblatt verursacht worden sein. In dieser einfachsten Form finden wir das Gefässsystem noch heute bei den Mosthierchen (*Bryozoa*), Räderthierchen (*Rotatoria*) und anderen niederen Würmern vor. Die Wand des Coeloms wird natürlich im inneren (visceralen) Theile vom Darmfaserblatte („Endocoelar“), im äusseren (parietalen) Theile vom Hautfaserblatte gebildet („Exocoelar“). Die dazwischen angesammelte Coelom-Flüssigkeit kann abgelöste Zellen (Lymphzellen) von beiden Faserblättern enthalten.

Ein erster Fortschritt in der Vervollkommnung dieses primitivsten Gefässsystems geschah durch die Ausbildung von Canälen oder blutführenden Röhren, die unabhängig vom Coelom sich in der Darmwand, und zwar im Darmfaserblatte derselben entwickelten. Solche eigentliche „Blutgefässe“ (im engeren Sinne) treten bei Würmern aus den mittleren und höheren Gruppen in sehr verschiedener Form auf, bald sehr einfach, bald sehr zusammengesetzt. Als diejenige Form, die wahrscheinlich die erste Grundlage zu dem zusammengesetzteren Gefässsystem der Wirbelthiere bildete, sind zwei primordiale „Urgefässe“ zu betrachten: ein Rückengefäss, welches in der Mittellinie der Darm-Rückenwand, und ein Bauchgefäss, welches in der Mittellinie der Darm-Bauchwand von vorn nach hinten verläuft. Vorn und hinten hängen beide Gefässe durch eine den Darm umfassende Schlinge zusammen. Das in den beiden Röhren eingeschlossene Blut wird durch die peristaltischen Zusammenziehungen derselben fortbewegt.

Wie sich weiterhin diese einfachste Anlage des Blutröhrensystems entwickelt hat, lehrt uns die Klasse der Ringelwürmer (Anneliden), bei denen wir dasselbe auf sehr verschiedenen Ausbildungsstufen antreffen. Zunächst werden sich zwischen Rücken- und Bauchgefäss zahlreiche Querverbindungen hergestellt haben, die ringförmig den Darm umgaben (Fig. 186). Andere Gefässe werden sich in die Leibeswand hinein entwickelt und verästelt haben, um auch dieser Blut zuzuführen. Als dann bei denjenigen Würmer-Ahnen, die wir als Chordonier bezeichnet haben, der vorderste Abschnitt

des Darmes sich in einen Kiemenkorb verwandelte, werden diejenigen Gefässbogen, welche in der Wand dieses Kiemenkorbes vom Bauchgefäss zum Rückengefäss emporstiegen, sich in athmende Kiemengefässe verwandelt haben. Die Organisation des merkwürdigen Eichelwurms (*Balanoglossus*, Fig. 111, S. 411) führt uns noch heute einen ähnlichen Zustand der Kiemen-Circulation vor Augen.

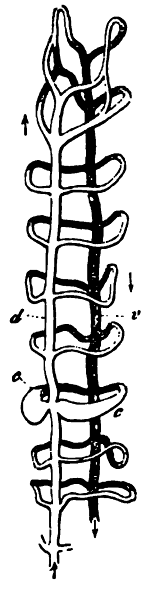


Fig. 186.

Einen weiteren bedeutungsvollen Fortschritt unter den heute noch lebenden Würmern offenbaren uns die Ascidien, die wir ja als die nächsten Bluts-Verwandten unserer uralten Chordonier-Ahnen zu betrachten haben. Hier begegnen wir nämlich zum ersten Male einem wirklichen Herzen, d. h. einem Centralorgane des Blutkreislaufs, welches durch die pulsirenden Zusammenziehungen seiner muskulösen Wand die Fortbewegung des Blutes in den Gefässröhren allein vermittelt. Das Herz tritt hier in der einfachsten Form auf, als ein spindelförmiger Schlauch, der an beiden Enden in ein Hauptgefäss übergeht (Fig. 97 *c*, S. 312; Taf. VIII, Fig. 14 *hz*). Durch seine ursprüngliche Lage hinter dem Kiemenkorbe, an der Bauchseite der Ascidie, zeigt das Herz deutlich, dass es durch locale Erweiterung aus einem Abschnitte des Bauchgefässes hervorgegangen ist. Merkwürdig ist die früher schon erwähnte wechselnde Richtung der Blutbewegung, indem das Herz abwechselnd das Blut durch das vordere und durch das hintere Ende austreibt (vergl. S. 312). Das ist deshalb sehr lehrreich, weil bei den meisten Würmern das Blut im Rückengefäss in der Richtung von hinten nach vorn, bei den Wirbelthieren hingegen in der umgekehrten Richtung, von vorn nach hinten, fortbewegt wird. Indem das Ascidien-Herz beständig zwischen diesen beiden entgegengesetzten Richtungen abwechselt, zeigt es uns gewissermaassen bleibend den phylogenetischen Uebergang zwischen der älteren Richtung des dorsalen Blutstromes nach vorn (bei den Würmern) und der neueren Richtung desselben nach hinten (bei den Wirbelthieren).

Fig. 186. Blutgefässsytem eines Ringelwurmes (*Saenuris*); vorderster Abschnitt. *d* Rückengefäss. *r* Bauchgefäss. *c* Querverbindung zwischen beiden (herzartig erweitert). Die Pfeile deuten die Richtung des Blutstromes an. Nach Gegenbaur.

Indem nun bei den jüngeren Chordoniern, welche dem Wirbelthier-Stamm den Ursprung gaben, die neuere Richtung bleibend wurde, gewannen die beiden Gefässe, welche von beiden Enden des einfachen Herzschlauches ausgingen, eine constante Bedeutung. Der vordere Abschnitt des Bauchgefässes führt seitdem beständig Blut aus dem Herzen ab und fungirt mithin als Schlagader oder Arterie; der hintere Abschnitt des Bauchgefässes führt umgekehrt das im Körper circulirende Blut dem Herzen wieder zu und ist mithin als Blutader oder Vene zu bezeichnen. Mit Bezug auf ihr Verhältniss zu beiden Abschnitten des Darmes können wir die letztere näher als „Darmvene", die erstere hingegen als „Kiemenarterie" bezeichnen. Das in beiden Gefässen enthaltene Blut, welches auch allein das Herz erfüllt, ist venöses Blut, d. h. reich an Kohlensäure; hingegen wird das Blut, welches aus den Kiemen in das Rückengefäss tritt, dort auf's Neue mit Sauerstoff versehen: arterielles Blut. Die feinsten Aeste der Arterien und Venen gehen innerhalb der Gewebe durch ein Netzwerk von äusserst feinen, neutralen Haargefässen oder Capillaren in einander über.

Wenn wir uns nun von den Ascidien zu dem nächstverwandten Amphioxus wenden, so werden wir zunächst durch einen scheinbaren Rückschritt in der Ausbildung des Gefässsystems überrascht. Wie Sie bereits wissen, besitzt der Amphioxus gar kein eigentliches Herz; sondern das Blut wird in seinem Gefässsystem durch die Hauptgefässstämme selbst umherbewegt, die sich in ihrer ganzen Länge pulsirend zusammenziehen (vergl. S. 303, Fig. 95 und Taf. VIII, Fig. 15). Ein über dem Darm gelegenes Rückengefäss (Aorta) nimmt das arterielle Blut aus den Kiemen auf und treibt es in den Körper. Von hier zurückkehrend sammelt sich das venöse Blut in einem unter dem Darm gelegenen Bauchgefäss (Darmvene) und kehrt so zu den Kiemen zurück. Zahlreiche Kiemengefässbogen, welche die Athmung vermitteln, und aus dem Wasser Sauerstoff aufnehmen, Kohlensäure abgeben, verbinden vorn das Bauchgefäss mit dem Rückengefäss. Da bei den Ascidien bereits derselbe Abschnitt des Bauchgefässes, der auch bei den Schädelthieren das Herz bildet, sich zu einem einfachen Herzschlauche ausgebildet hat, so müssen wir den Mangel des letzteren beim Amphioxus als eine Folge von Rückbildung ansehen, als einen bei diesem Acranier erfolgten Rückschlag in die ältere Form des Gefässsystems, wie sie die Scoleciden und viele

andere Würmer besitzen. Wir dürfen annehmen, dass diejenigen Acranier, die wirklich in unsere Ahnenreihe gehörten, diesen Rückschlag nicht getheilt, vielmehr das einkammerige Herz von den Chordoniern geerbt und auf die ältesten Schädelthiere direct übertragen haben.

Die weitere phylogenetische Ausbildung des Blutgefäss-Systems legt uns die vergleichende Anatomie der Schädelthiere oder Cranioten klar vor Augen. Auf der tiefsten Stufe dieser Gruppe, bei den Cyclostomen (S. 425), begegnen wir zum ersten Male neben dem **Blutgefäss-System** einem eigentlichen **Lymphgefäss-System**, einem System von Canälen, welche die farblose, aus den Geweben austretende Flüssigkeit sammeln und dem Blutstrom zuführen. Diejenigen Lymphgefässe, welche die milchige, direct durch die Verdauung gewonnene Ernährungs-Flüssigkeit aus der Darmwand aufsaugen und dem Blutstrom zuführen, werden unter dem besonderen Namen der **Chylusgefässe** oder „Milchsaftgefässe" unterschieden. Während der Chylus oder Milchsaft vermöge seines grossen Gehaltes an Fettkügelchen milchweiss erscheint, ist die eigentliche „Lymphe" farblos. Sowohl Chylus als Lymphe enthalten dieselben farblosen amoeboiden Zellen (Fig. 4, S. 103), welche auch im Blute als „farblose Blutzellen" vertheilt sind; letzteres enthält aber ausserdem die viel grössere Masse von rothen Blutzellen, welche dem Blute der Schädelthiere seine rothe Farbe verleihen. Die bei den Cranioten allgemein vorhandene Scheidung zwischen Lymphgefässen, Chylusgefässen und Blutgefässen ist als eine Folge der Arbeitstheilung oder Sonderung anzusehen, welche zwischen verschiedenen Abschnitten eines ursprünglich einheitlichen „Urblutgefäss-Systems" (oder Haemolymph-Systems) stattgefunden hat.

Auch das Herz, das bei allen Cranioten vorhandene Centralorgan des Blutkreislaufs, zeigt uns bei den Cyclostomen bereits einen Fortschritt der Bildung. Der einfache spindelförmige Herzschlauch ist in zwei Abschnitte oder Kammern gesondert, die durch ein paar Klappen getrennt sind. Der hintere Abschnitt, die **Vorkammer** (*Atrium*), nimmt das venöse Blut aus den Körpervenen auf und übergiebt dasselbe dem vorderen Abschnitt, der „Kammer" oder **Hauptkammer** (*Ventriculus*). Von hier wird dasselbe durch den Kiemenarterien-Stamm (den vordersten Abschnitt des Bauchgefässes) in die Kiemen getrieben.

Bei den Urfischen oder Selachiern sondert sich aus dem vordersten Ende der Kammer als besondere, durch Klappen geschiedene Abtheilung ein Arterienstiel (*Bulbus arteriosus*). Er bildet das erweiterte hinterste Ende des Kiemenarterien-Stammes (Fig. 187 *abr*), von welchem jederseits 5—7 Kiemenarterien abgehen.

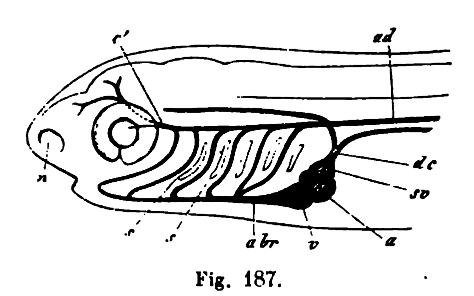


Fig. 187.

Diese steigen zwischen den Kiemenspalten (*s*) an den Kiemenbogen empor, umfassen den Schlund und vereinigen sich oben in einen gemeinschaftlichen Aorten-Stamm, dessen über dem Darm nach hinten verlaufende Fortsetzung dem Rückengefäss der Würmer entspricht. Da die bogenförmigen Arterien auf den Kiemenbogen sich in ein athmendes Capillar-Netz auflösen, so enthalten sie in ihrem unteren Theile (als Kiemenarterienbogen) venöses Blut, in ihrem oberen Theile (als Aortenbogen) arterielles Blut. Die rechts und links stattfindende Vereinigung einzelner Aortenbogen nennt man Aorten-Wurzeln. Von einer ursprünglich grösseren Zahl von Aortenbogen bleiben zunächst nur fünf Paare bestehen; und aus diesen fünf Paar Aortenbogen (Fig. 188) entwickeln sich bei allen höheren Wirbelthieren die wichtigsten Theile des Arterien-Systems.

Von grösster Bedeutung für die weitere Entwickelung desselben ist das Auftreten der Lungen und die damit verbundene Luftathmung, der wir zuerst bei den Dipneusten begegnen (S. 439). Hier zerfällt die Vorkammer des Herzens durch eine unvollständige Scheidewand in zwei Hälften. Nur die rechte Vorkammer nimmt jetzt das venöse Blut der Körper-Venen auf. Die linke Vorkammer hingegen nimmt das arterielle Blut von den Lungen-Venen auf. Beide Vorkammern münden gemeinschaftlich in die einfache Hauptkammer, wo sich beide Blutarten mischen und gemischt durch den Arterien-

Fig. 187. Kopf eines Fisch-Embryo, mit der Anlage des Blutgefäss-Systems, von der linken Seite. *dc* Cuvier'scher Gang (Vereinigung der vorderen und hinteren Hauptvene). *sv* venöser Sinus (erweitertes Endstück des Cuvier'schen Ganges). *a* Vorkammer. *v* Hauptkammer. *abr* Kiemen-Arterien-Stamm. *s* Kiemenspalten (dazwischen die Arterien-Bogen). *ad* Aorta. *c'* Kopfarterie (Carotis). *n* Nasengrube. Nach GEGENBAUR.

stiel in die Arterienbogen getrieben werden. Aus den letzten Arterienbogen entspringen die Lungen-Arterien (Fig. 189 *p*, 190 *p*); diese treiben einen Theil des gemischten Blutes in die Lungen, während der andere Theil desselben durch die Aorta in den Körper getrieben wird.

Von den Dipneusten aufwärts verfolgen wir nun eine fortschreitende Entwickelung des Gefässsystems, die schliesslich mit dem Verluste der Kiemenathmung zu einer vollständigen Trennung der beiden Kreislaufshälften führt. Bei den Amphibien wird die Scheidewand der beiden Vorkammern vollständig. In ihrer Jugend haben sie noch die Kiemenathmung und den Kreislauf der Fische, und ihr Herz enthält bloss venöses Blut. Später entwickeln sich daneben die Lungen mit den Lungen-Gefässen, und nunmehr enthält die Hauptkammer des Herzens gemischtes Blut. Bei den Protamnien und den Reptilien beginnt auch die Hauptkammer und der zugehörige Arterien-Stiel sich durch eine Längsscheidewand in zwei Hälften zu theilen

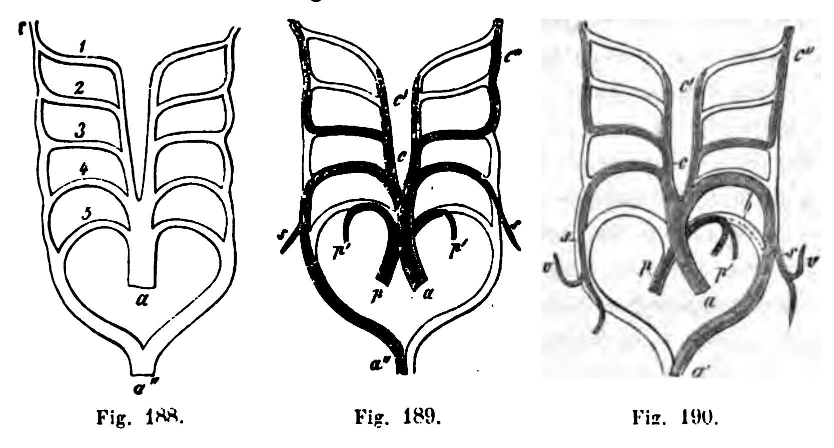


Fig. 188. Fig. 189. Fig. 190.

Fig. 188. Die fünf Arterienbogen der Schädelthiere (1—5) in ihrer ursprünglichen Anlage. *a* Arterienstiel. *a″* Aortenstamm. *c* Kopfarterie (Carotis; vorderste Fortsetzung der Aortenwurzeln). Nach RATHKE.

Fig. 189. Die fünf Arterienbogen der Vögel; die hellen Theile der Anlage verschwinden; nur die dunklen Theile bleiben erhalten. Buchstaben wie in Fig. 188. *s* Schlüsselbein-Arterien (Subclavien). *p* Lungen-Arterie. *p′* Aeste derselben. Nach RATHKE.

Fig. 190. Die fünf Arterienbogen der Säugethiere; Buchstaben wie in Fig. 189. *v* Wirbel-Arterie. *b* Botallischer Gang (beim Embryo offen, später geschlossen). Nach RATHKE.

und diese Scheidewand wird vollständig bei den höheren Reptilien einerseits, bei den Stammformen der Säugethiere anderseits. Nunmehr enthält die rechte Hälfte des Herzens bloss venöses, die linke Hälfte bloss arterielles Blut, wie es bei allen Vögeln und Säugethieren der Fall ist. Die rechte Vorkammer enthält venöses Blut aus den Körper-Venen, und die rechte Kammer treibt dasselbe durch die Lungen-Arterien in die Lungen. Von hier kehrt das Blut als arterielles Blut durch die Lungen-Venen zur linken Vorkammer zurück und wird durch die linke Kammer in die Körper-Arterien getrieben. Zwischen Lungen-Arterien und Lungen-Venen liegt das Capillar-System des kleinen oder Lungen-Kreislaufs. Zwischen Körper-Arterien und Körper-Venen liegt das Capillar-System des grossen oder Körper-Kreislaufs. Nur bei den beiden höchsten Wirbelthier-Klassen, bei den Vögeln und Säugethieren, ist diese vollständige Trennung beider Kreislaufbahnen vollendet. Uebrigens ist diese Vollendung in beiden Klassen unabhängig von einander erfolgt, wie schon die ungleiche Ausbildung der Aorten lehrt. Bei den Vögeln, die von den Reptilien abstammen, ist die rechte Hälfte des vierten Arterien-Bogens zum bleibenden Aorten-Bogen (*Arcus aortae*) geworden (Fig. 189). Hingegen ist dieser letztere bei den Säugethieren, welche direct von den Protamnien abstammen, aus der linken Hälfte desselben Bogens hervorgegangen (Fig. 190).

Wenn man das Arterien-System der verschiedenen Schädelthier-Klassen im ausgebildeten Zustande vergleicht, so erscheint dasselbe mannichfach verschieden, und doch entwickelt es sich überall aus derselben Grundform. Beim Menschen erfolgt diese Entwickelung ganz ebenso wie bei den übrigen Säugethieren; insbesondere ist auch die Verwandlung der fünf Arterien-Bogen hier wie dort ganz dieselbe (Fig. 191). Anfangs entsteht nur ein einziges Bogenpaar, welches an der Innenfläche des ersten Kiemenbogen-Paares liegt (Fig. 92—94, S. 281—283; Fig. 191, 1). Hinter diesem ersten entwickelt sich dann ein zweites und drittes Bogenpaar innen am zweiten und dritten Kiemenbogen gelegen). Endlich tritt hinter diesen noch ein viertes und fünftes Paar auf (Fig. 191, 2). Während aber diese letzteren sich entwickeln, gehen die beiden ersteren schon wieder verloren, indem sie zuwachsen (Fig. 191, 3). Bloss aus den drei hinteren Arterien-Bogen (3, 4, 5 in Fig. 191, 2)

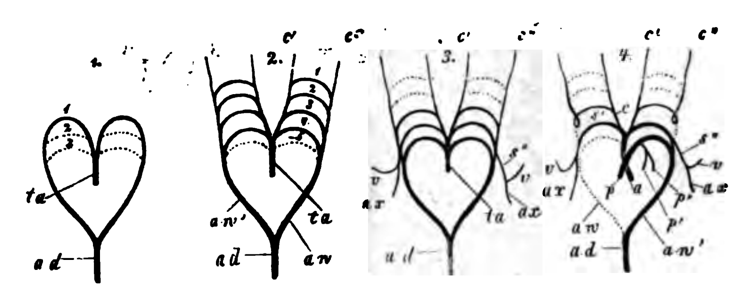


Fig. 191.

entwickeln sich die bleibenden Arterien-Stämme, aus dem letzten die Lungen-Arterien (*p*; Fig. 191, 4). Vergl. hierzu Fig. 190.

Auch das Herz des Menschen (Fig. 199) entwickelt sich ganz ebenso wie das der übrigen Säugethiere. Die ersten Grundzüge seiner Keimesgeschichte, die im Wesentlichen ganz seiner Stammesgeschichte entspricht, haben wir schon früher betrachtet (S. 277 bis 281, Fig. 88 bis 92). Sie erinnern sich, dass die allererste Anlage des Herzens eine spindelförmige Verdickung des Darmfaserblattes in der Bauchwand des Kopfdarmes darstellt (Fig. 88 *df*). Darauf höhlt sich die spindelförmige Anlage aus, bildet einen einfachen Schlauch und schnürt sich von ihrer Ursprungsstätte ab, so dass sie nunmehr frei in der Herzhöhle liegt (Fig. 90, 91). Bald krümmt sich dieser Schlauch Sförmig (Fig. 89) und dreht sich zugleich dergestalt spiralig um eine ideale Axe, dass der hintere Theil auf die Rückenfläche des vorderen Theiles zu liegen kommt. In das hintere Ende münden die vereinigten Dotter-Venen ein (S. 283, Fig. 94 *d*). Aus dem vorderen Ende entspringen die Aortenbogen, anfangs nur ein Paar, später mehrere Paare.

Während diese erste, einen ganz einfachen Hohlraum umschliessende Anlage des menschlichen Herzens dem Ascidien-Herzen

Fig. 191. Verwandlung der fünf Arterienbogen beim menschlichen Embryo (Schema nach RATHKE). *ta* Arterien-Stiel. 1, 2, 3, 4, 5 das erste bis fünfte Arterien-Paar. *ad* Aorten-Stamm. *aw* Aorten-Wurzeln. In Fig. 1 sind drei, in Fig. 2 dagegen alle fünf Aortenbogen angegeben (die punktirten noch nicht entwickelt). In Fig. 3 sind die beiden ersten schon wieder verschwunden. In Fig. 4 sind die bleibenden Arterien-Stämme dargestellt; die punktirten Theile schwinden. *s* Arteria Subclavia. *v* Vertebralis. *ax* Axillaris. *c* Carotis (c' äussere, c'' innere Carotis). *p* Pulmonalis (Lungen-Arterie).

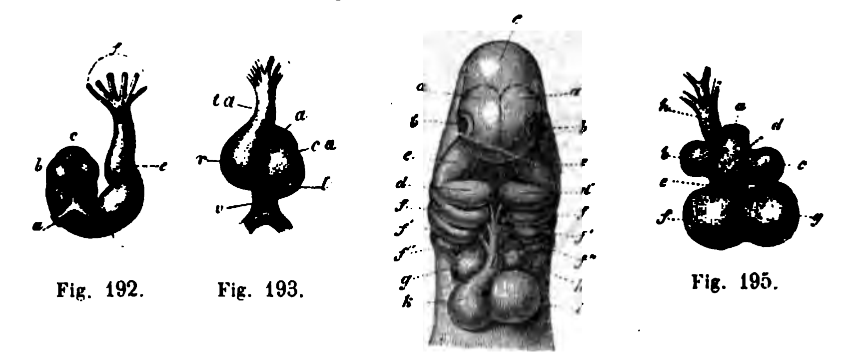


Fig. 192. Fig. 193. Fig. 195.

Fig. 194.

entspricht und als Wiederholung des Chordonier-Herzens aufzufassen ist, folgt nunmehr eine Sonderung desselben in zwei, darauf drei Abschnitte, durch welche uns die Herzbildung der Cyclostomen und Fische vorübergehend vor Augen geführt wird. Es wird nämlich die spiralige Drehung und Krümmung des Herzens immer stärker, und zugleich treten zwei seichte, quere Einschnürungen auf, durch welche drei Abtheilungen äusserlich sich markiren (Fig. 192, 193). Der vorderste Abschnitt, welcher der Bauchseite zugekehrt ist, und aus welchem die Aortenbogen entspringen, wiederholt den A r t e r i e n s t i e l (*Bulbus arteriosus*) der Selachier. Der mittlere Abschnitt ist die Anlage einer einfachen K a m m e r oder Hauptkammer (*Ventriculus*), und der hinterste, der Rückenseite zugewendete Abschnitt, in welchen die Dotternerven einmünden, ist die Anlage einer einfachen V o r k a m m e r (*Atrium*). Diese letztere bildet, ganz ebenso wie die einfache Vorkammer des Fischherzens, ein paar seitliche Ausbuch-

---

Fig. 192. H e r z e i n e s K a n i n c h e n - E m b r y o, von hinten. *a* Dottervenen. *b* Herzohren. *c* Vorkammer. *d* Kammer. *e* Arterienstiel. *f* Basis der drei Paar Arterienbogen. (Nach BISCHOFF.)

Fig. 193. H e r z d e s s e l b e n E m b r y o (Fig. 192) von vorn. *v* Dottervenen. *a* Vorkammer. *ca* Ohrcanal. *l* linke Kammer. *r* rechte Kammer. *ta* Arterienstiel. (Nach BISCHOFF.)

Fig. 194. H e r z u n d K o p f e i n e s H u n d e - E m b r y o, von vorn. *a* Vorderhirn. *b* Augen. *c* Mittelhirn. *d* Urunterkiefer. *e* Uroberkiefer. *f* Kiemenbogen. *g* rechte Vorkammer. *h* linke Vorkammer. *i* linke Kammer. k rechte Kammer. (Nach BISCHOFF.)

Fig. 195. H e r z d e s s e l b e n E m b r y o, von hinten. *a* Einmündung der Dottervenen. *b* linkes Herzohr. *c* rechtes Herzohr. *d* Vorkammer. *e* Ohrcanal. *f* linke Kammer. *g* rechte Kammer. *h* Arterienstiel. (Nach BISCHOFF.)

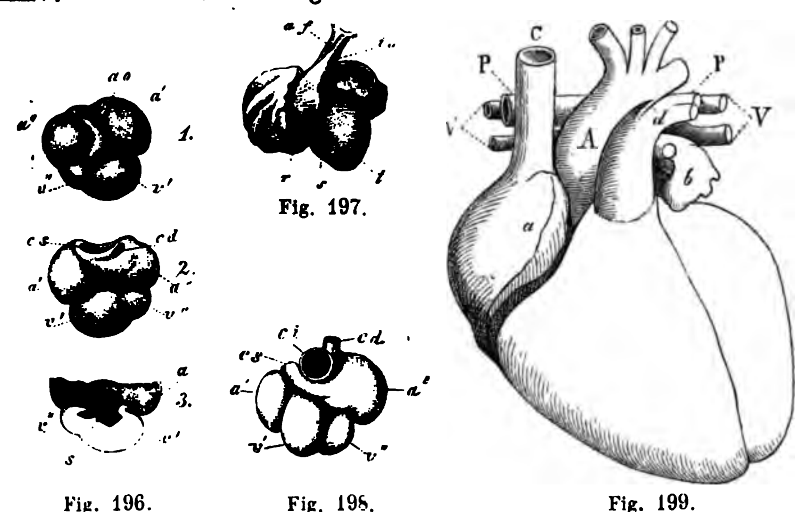


Fig. 196. Fig. 197. Fig. 198. Fig. 199.

tungen, die Herzohren (*Auriculae*, Fig. 192 *b*); und die Einschnürung zwischen Vorkammer und Hauptkammer heisst daher Ohrcanal (*Canalis auricularis*, Fig. 193 *ca*). Das Herz des menschlichen Embryo ist jetzt ein vollständiges Fischherz.

Ganz entsprechend der Phylogenese des menschlichen Herzens (S. 649, XXXIII. Tabelle) zeigt uns nun auch seine Ontogenese einen allmählichen Uebergang vom Fischherzen durch das Amphibien-Herz zum Säugethier-Herzen. Das wichtigste Moment dieses Ueberganges

Fig. 196. Herz eines menschlichen Embryo von vier Wochen; 1) von vorn, 2) von hinten, 3) geöffnet und obere Hälfte der Vorkammer entfernt. *a'* linkes Herzohr. *a''* rechtes Herzohr. *v'* linke Kammer. *v''* rechte Kammer. *ao* Arterienstiel. *c* obere Hohlvene (*cd* rechte, *cs* linke). *s* Anlage der Kammer-Scheidewand. (Nach KÖLLIKER.)

Fig. 197. Herz eines menschlichen Embryo von sechs Wochen, von vorn. *r* rechte Kammer. *t* linke Kammer. *s* Furche zwischen beiden Kammern. *ta* Arterienstiel. *af* Furche auf dessen Oberfläche; rechts und links die beiden grossen Herzohren. (Nach ECKER.)

Fig. 198. Herz eines menschlichen Embryo von acht Wochen, von hinten. *a'* linkes Herzohr. *a''* rechtes Herzohr. *v'* linke Kammer. *v''* rechte Kammer. *cd* rechte obere Hohlvene. *cs* linke obere Hohlvene. *ci* Untere Hohlvene. (Nach KÖLLIKER.)

Fig. 199. Herz des erwachsenen Menschen, vollständig entwickelt, von vorn, in seiner natürlichen Lage. *a* rechtes Herzohr (darunter die rechte Kammer). *b* linkes Herzohr (darunter die linke Kammer). *C* obere Hohlvene. *V* Lungen-Venen. *P* Lungen-Arterie. *d* Botallischer Gang. *A* Aorta. (Nach MEYER.)

ist die Ausbildung einer anfangs unvollständigen, später vollständigen Längsscheidewand, durch welche alle drei Abtheilungen des Herzens in eine rechte (venöse) und linke (arterielle) Hälfte zerfallen (vergl. Fig. 194—199). Die Vorkammer wird dadurch in ein rechtes und linkes Atrium getheilt, deren jede das zugehörige Herzohr aufnimmt; in die rechte Vorkammer münden die Körpervenen ein (obere und untere Hohlvene, Fig. 196 *c*, 198 *c*); die linke Vorkammer nimmt die Lungenvenen auf. Ebenso wird an der Hauptkammer schon frühzeitig eine oberflächliche „Zwischenkammerfurche" sichtbar (*Sulcus interventricularis*, Fig. 197 *s*), der äusserliche Ausdruck der inneren Scheidewand, durch deren Ausbildung die Hauptkammer in zwei Kammern geschieden wird, eine rechte venöse und eine linke arterielle Kammer. In gleicher Weise bildet sich endlich auch eine Längsscheidewand in der dritten Abtheilung des primitiven fischartigen Herzens, im Arterienstiel, aus, ebenfalls äusserlich durch eine Längsfurche angedeutet (Fig. 197 *af*). Der Hohlraum des Arterienstiels zerfällt dadurch in zwei seitliche Hälften: den Lungenarterien-Stiel, welcher in die rechte Kammer, und den Aorten-Stiel, welcher in die linke Kammer einmündet. Erst wenn alle Scheidewände vollständig ausgebildet sind, ist der kleine (Lungen-) Kreislauf ganz vom grossen (Körper-) Kreislauf geschieden: das Bewegungs-Centrum des ersteren bildet die rechte, dasjenige des letzteren die linke Herzhälfte. (Vergl. die Uebersicht über die Stammesgeschichte des menschlichen Herzens in der XXXIII. Tabelle.)

Ursprünglich liegt das Herz beim Embryo des Menschen und aller anderen Amnioten weit vorn an der Unterseite des Kopfes; wie es bei den Fischen zeitlebens vorn an der Kehle liegen bleibt. Später mit der zunehmenden Entwickelung des Halses und der Brust rückt das Herz immer weiter nach hinten, und liegt zuletzt unten in der Brust, zwischen den beiden Lungen. Anfänglich liegt es ganz symmetrisch, in der Mittelebene des Körpers, so dass seine Längsaxe mit derjenigen des Körpers zusammenfällt. (Taf. II, Fig. 8.) Bei den meisten Säugethieren bleibt diese symmetrische Lage zeitlebens. Bei den Affen hingegen beginnt sich die Axe schräg zu neigen und die Spitze des Herzens nach der linken Seite zu verschieben. Am weitesten geht diese Drehung bei den Menschenaffen: Schimpanse, Gorilla und Orang, die auch in dieser schiefen Lage des Herzens dem Menschen gleichen.

Wie die Keimesgeschichte des menschlichen Herzens, so liefert uns auch diejenige aller übrigen Abschnitte des Gefässsystems zahlreiche und werthvolle Aufschlüsse über ihre Stammesgeschichte[136]. Da jedoch die Verfolgung derselben zu ihrem klaren Verständniss eine genaue Kenntniss von der verwickelten Zusammensetzung des ganzen Gefässsystems beim Menschen und den übrigen Wirbelthieren erfordern würde, so können wir hier nicht näher darauf eingehen. Auch sind viele wichtige Verhältnisse in der Ontogenie des Gefässsystems, besonders bezüglich der Ableitung seiner verschiedenen Theile aus den secundären Keimblättern, noch sehr dunkel und streitig. Das gilt z. B. von der Frage nach dem Ursprung des Coelom-Epitheliums, d. h. derjenigen Zellenschicht, welche die Leibeshöhle auskleidet. Wahrscheinlich besteht hier eine wichtige phylogenetische Verschiedenheit zwischen dem Exocoelar (oder dem „parietalen Coelom-Epithel"), welches vom Hautfaserblatte abstammt, und dem Endocoelar (oder dem „visceralen Coelom-Epithel"), welches vom Darmfaserblatte abzuleiten ist. Ersteres hängt vielleicht mit dem männlichen Keimepithel (der Anlage des Hodens), letzteres mit dem weiblichen Keimepithel (der Anlage des Eierstocks) zusammen. (Vergl. die XXXIV. Tabelle, S. 650, und den XXV. Vortrag.)

Ausdrücklich sei nochmals bemerkt, dass die früher betrachtete Form des ersten embryonalen Blutkreislaufs und namentlich die Bildung der Dottergefässe (*Vasa vitellina* oder *Vasa omphalo-mesenterica*, S. 282, Fig. 93, 94) phylogenetisch betrachtet keine primäre, sondern eine secundäre Bildung darstellt. Beim Embryo des Menschen, wie aller anderen Amnioten, ist dieses erste embryonale Gefässsystem lediglich als Product der Anpassung an die Ausbildung des Nahrungsdotters oder Dottersackes aufzufassen, und gleichzeitig mit diesem erst entstanden. Die ursprüngliche Form des ältesten Wirbelthier-Gefässsystems, welche uns noch heute der Amphioxus bleibend vorführt, ist durch jene schon bei den Fischen entstandene Ausbildung des Nahrungsdotters allmählich verdrängt und verwischt worden. Dieses offenbare Verhältniss bestätigt auf's Neue die Wichtigkeit unseres fundamentalen Grundsatzes: Die Keimesgeschichte jedes einzelnen Organsystems, bei einem einzigen Organismus für sich allein betrachtet, bleibt völlig unverständlich: sie bedarf zu ihrer wahren Erkenntniss der vergleichenden Anatomie und der ursächlichen Beziehung auf die Stammesgeschichte.

Zweiunddreissigste Tabelle.

Uebersicht über die wichtigsten Perioden in der Stammesgeschichte des menschlichen Gefäss-Systems oder Vasculats.

I. Erste Periode: **Aelteres Scoleciden-Vasculat.**

Zwischen Hautdecke und Darmwand entsteht eine einfache „Leibeshöhle“ (Coelom, oder ein „perienterischer Hohlraum“ (wie noch heute bei den Bryozoen und anderen Coelomaten).

II. Zweite Periode: **Jüngeres Scoleciden-Vasculat.**

In der Darmwand entstehen (im Darmfaserblatte) die ersten eigentlichen Blutgefässe, ein Rückengefäss in der Mittellinie der Rückenseite und ein Bauchgefäss in der Mittellinie der Bauchseite des Darmrohres. Rückengefäss und Bauchgefäss treten durch mehrere den Darm umfassende Ringgefässe in Verbindung.

III. Dritte Periode: **Aelteres Chordonier-Vasculat.**

Indem die vordere Darmhälfte sich zum Kiemendarm umbildet, wird der vordere Abschnitt des Bauchgefässes zur Kiemenarterie und der vordere Abschnitt des Rückengefässes zur Kiemenvene; zwischen beiden entwickelt sich ein Kiemen-Capillarnetz.

IV. Vierte Periode: **Jüngeres Chordonier-Vasculat.**

Der zunächst hinter dem Kiemendarm gelegene Abschnitt des Bauchgefässes erweitert sich zu einem einfachen Herzschlauch. (Ascidien.)

V. Fünfte Periode: **Acranier-Vasculat.**

Das Bauchgefäss (Darmvene) bildet um den entstehenden Leberschlauch die ersten Anfänge eines Pfortader-Systems.

VI. Sechste Periode: **Cyclostomen-Vasculat.**

Das einkammerige Herz zerfällt in zwei Kammern: hintere Hauptkammer und vordere Vorkammer. Neben dem Blutgefäss-System tritt das Lymphgefäss-System auf.

VII. Siebente Periode: **Urfisch-Vasculat.**

Aus dem vorderen Abschnitt der Hauptkammer sondert sich ein Arterien-Stiel, von dem fünf Paar Arterien-Bogen abgehen.

VIII. Achte Periode: **Lurchfisch-Vasculat.**

Aus dem letzten (fünften) Arterienbogen-Paar entwickeln sich die Lungen-Arterien, wie bei den Dipneusten.

IX. Neunte Periode: **Amphibien-Vasculat.**

Die Kiemen-Arterien verschwinden allmählich mit den Kiemen. Rechter und linker Aortenbogen bleiben bestehen.

X. Zehnte Periode: **Säugethier-Vasculat.**

Die Trennung zwischen kleinem und grossem Kreislauf ist vollständig. Der rechte Arterienbogen und der Botallische Gang verwachsen.

Dreiunddreissigste Tabelle.

Uebersicht über die wichtigsten Perioden in der Stammesgeschichte des menschlichen Herzens.

I. Erste Periode: **Chordonier-Herz.**

Das Herz bildet eine einfache, spindelförmige Anschwellung des Bauchgefässes, mit wechselnder Stromesrichtung (wie bei den Ascidien).

II. Zweite Periode: **Acranier-Herz.**

Das Herz gleicht dem der Chordonier, gewinnt aber constante Stromesrichtung, indem es sich nur von hinten nach vorn zusammenzieht. (Beim Amphioxus rückgebildet.)

III. Dritte Periode: **Cyclostomen-Herz.**

Das Herz zerfällt in zwei Kammern, eine hintere Vorkammer (Atrium) und eine vordere Hauptkammer (Ventriculus).

IV. Vierte Periode: **Urfisch-Herz.**

Aus dem vorderen Abschnitt der Hauptkammer sondert sich ein Arterienstiel (Bulbus arteriosus), wie bei allen Selachiern.

V. Fünfte Periode: **Lurchfisch-Herz.**

Die Vorkammer zerfällt durch eine unvollständige und durchbrochene Scheidewand in eine rechte und eine linke Hälfte, wie bei den Dipneusten.

VI. Sechste Periode: **Amphibien-Herz.**

Die Scheidewand zwischen der rechten und linken Vorkammer wird vollständig, wie bei den höheren Amphibien.

VII. Siebente Periode: **Protamnien-Herz.**

Die Hauptkammer zerfällt durch eine unvollständige Scheidewand in eine rechte und eine linke Hälfte (wie bei den Reptilien).

VIII. Achte Periode: **Monotremen-Herz.**

Die Scheidewand zwischen der rechten und linken Kammer wird vollständig (wie bei allen Säugethieren).

IX. Neunte Periode: **Beutelthier-Herz.**

Die Klappen zwischen Kammern und Vorkammern (Atrioventricular-Klappen) nebst den anhaftenden Sehnenfäden und Papillar-Muskeln differenziren sich aus dem muskulösen Balkenwerk der Monotremen.

X. Zehnte Periode: **Affen-Herz.**

Die in der Mittellinie gelegene Hauptaxe des Herzens stellt sich schräg, so dass die Spitze nach links gerichtet ist (wie bei den Affen und beim Menschen).

Vierunddreissigste Tabelle.

Uebersicht über diejenigen Urorgane, welche mit Wahrscheinlichkeit bei den Würmern, Gliederthieren, Weichthieren und Wirbelthieren im Allgemeinen als homolog zu betrachten sind. [137])

Würmer (Vermes)	Gliederthiere (Arthropoda)	Weichthiere (Mollusca)	Wirbelthiere (Vertebrata)
I. Differenzirungs-Producte des Hautsinnesblattes.			
1. Oberhaut (Epidermis)	1. Chitinogen-Haut (Hypodermis)	1. Oberhaut (Epidermis)	1. Oberhaut (Epidermis)
2. Gehirn (Oberer Schlundknoten)	2. Gehirn (Oberer Schlundknoten)	2. Gehirn (Oberer Schlundknoten)	2. Markrohr (Vorderster Theil)
3. Excretions-Organe (Wassergefässe, Segmental-Organe)	3. Schalendrüse der Crustaceen (Tracheen der Tracheaten ?)	3. Nieren-Anlagen	3. Urnierengänge (Protureteres)
II. Differenzirungs-Producte des Hautfaserblattes.			
4. Lederhaut (Corium) [nebst Ringmuskelschlauch ?]	4. Lederhaut (Rudiment ')	4. Lederhaut (Corium) [nebst Hautmuskulatur ?]	4. Lederhaut (Corium) [nebst Hautmuskel-Schicht ?]
5. Längsmuskelschlauch	5. Rumpfmuskulatur	5. Innere Rumpfmuskulatur	5. Seitenrumpf-Muskulatur
6. Exocoelar Innerste Zellenschicht der Leibeswand [nebst männlicher Keimplatte ?]	6. Exocoelar Innerste Zellenschicht der Leibeswand [nebst männlicher Keimplatte ?]	6. Exocoelar Parietales Coelom-Epithel [nebst männlicher Keimplatte ?]	6. Exocoelar Parietales Coelom-Epithel [nebst männlicher Keimplatte ?]
III. Differenzirungs-Producte des Darmfaserblattes.			
7. Leibeshöhle (Coelom)	7. Leibeshöhle (Coelom)	7. Leibeshöhle (Coelom)	7. Pleuroperitoneal-Höhle
8. Endocoelar Aeusserste Zellenschicht der Darmwand [nebst weiblicher Keimplatte ?]	8. Endocoelar Aeusserste Zellenschicht der Darmwand [nebst weiblicher Keimplatte ?]	8. Endocoelar Viscerales Coelom-Epithel [nebst weiblicher Keimplatte ?]	8. Endocoelar Viscerales Coelom-Epithel [nebst weiblicher Keimplatte ?]
9. Rückengefäss	9. Herz	9. Herzkammer (nebst Hauptarterie)	9. Aorta (primordialis)
10. Bauchgefäss	10. ———	10. ———	10. Herz (nebst Kiemen-Arterie)
11. Darmwand (mit Ausschluss des Epithels)	11. Darmwand (mit Ausschluss des Epithels)	11. Darmwand (mit Ausschluss des Epithels)	11. Darmwand (mit Ausschluss des Epithels)
IV. Differenzirungs-Producte des Darmdrüsenblattes.			
12. Darm-Epithelium	12. Darm-Epithelium	12. Darm-Epithelium	12. Darm-Epithelium

Fünfundzwanzigster Vortrag.

Entwickelungsgeschichte der Harnorgane und Geschlechtsorgane.

„Die wichtigsten Wahrheiten in den Naturwissenschaften sind weder allein durch Zergliederung der Begriffe der Philosophie, noch allein durch blosses Erfahren gefunden worden, sondern durch eine denkende Erfahrung, welche das Wesentliche von dem Zufälligen in der Erfahrung unterscheidet und dadurch Grundsätze findet, aus welchen viele Erfahrungen abgeleitet werden. Dies ist mehr als blosses Erfahren, und wenn man will, eine philosophische Erfahrung."

Johannes Müller (1840).

Inhalt des fünfundzwanzigsten Vortrages.

Bedeutung der Fortpflanzung. Wachsthum. Einfachste Formen der ungeschlechtlichen Fortpflanzung: Theilung und Knospenbildung. Einfachste Formen der geschlechtlichen Fortpflanzung: Verwachsung zweier differenzirter Zellen: der männlichen Spermazelle und der weiblichen Eizelle. Befruchtung. Urquelle der Liebe. Ursprüngliche Zwitterbildung (Hermaphroditismus); spätere Geschlechtstrennung (Gonochorismus). Ursprüngliche Entstehung der beiderlei Sexual-Zellen aus den beiden primären Keimblättern. Männliches Exoderm und weibliches Entoderm. Entstehung der Hoden und Eierstöcke. Wanderung der Sexualzellen in das Coelom. Hermaphroditische Anlage des Keimepithels oder der Sexual-Platte. Ausführgänge oder Geschlechtsleiter: Eileiter und Samenleiter. Entstehung derselben aus den Urnierengängen. Excretionsorgane der Würmer. Schleifencanäle der Ringelwürmer. Seitencanäle des Amphioxus. Urnieren der Myxinoiden. Urnieren der Schädelthiere. Entwickelung der bleibenden secundären Nieren bei den Amnioten. Entstehung der Harnblase aus der Allantois. Differenzirung der primären und secundären Urnierengänge: Müller'scher Gang (Eileiter) und Wolff'scher Gang (Samenleiter). Wanderung der Keimdrüsen bei den Säugethieren. Eibildung bei den Säugethieren (Graaf'sche Follikel). Entstehung der äusseren Geschlechtsorgane. Kloakenbildung. Zwitterbildung beim Menschen.

XXV.

Meine Herren!

Wenn wir die Bedeutung der Organ-Systeme des Thierkörpers nach der mannichfaltigen Fülle verschiedenartiger Erscheinungen und nach dem daran sich knüpfenden physiologischen Interesse beurtheilen, so werden wir als eines der wichtigsten und interessantesten Organ-Systeme dasjenige anerkennen müssen, zu dessen Entwickelungsgeschichte wir uns jetzt zuletzt wenden: das System der Fortpflanzungs-Organe. Wie die Ernährung für die Selbsterhaltung des organischen Individuums die erste und wichtigste Vorbedingung ist, so wird durch die Fortpflanzung allein die Erhaltung der organischen Art oder Species bewirkt, oder vielmehr die Erhaltung der langen Generationenreihe, welche in ihrem genealogischen Zusammenhange die Gesammtheit des organischen Stammes oder Phylum darstellt. Kein organisches Individuum erfreut sich eines „ewigen Lebens“. Jedem ist nur eine kurze Spanne Zeit zu seiner individuellen Entwickelung gegönnt, ein verschwindend kurzer Moment in der langen Millionenreihe von Jahren der organischen Erdgeschichte.

Die Fortpflanzung und die damit verbundene Vererbung wird daher neben der Ernährung schon seit lange als die wichtigste Fundamental-Function der Organismen angesehen und man pflegt danach diese „belebten Naturkörper“ vorzugsweise von den „leblosen oder anorganischen Körpern“ zu unterscheiden. Doch ist eigentlich diese Scheidung nicht so tief und durchgreifend, als es zunächst den Anschein hat und als man gewöhnlich annimmt. Denn wenn man die Natur der Fortpflanzungs-Phänomene näher ins Auge fasst, so zeigt sich bald, dass dieselbe sich auf eine allgemeinere Eigenschaft zurückführen lässt, die ebenso den anorganischen wie den organischen Körpern zukommt, auf das Wachsthum. Die Fortpflanzung

ist eine Ernährung und ein Wachsthum des Organismus über das individuelle Maass hinaus, welche einen Theil desselben zum Ganzen erhebt. Das zeigt sich am klarsten, wenn wir die Fortpflanzung der einfachsten und niedersten Organismen ins Auge fassen, vor allen der Moneren (S. 351) und der einzelligen Amoeben (S. 111). Wenn hier das einfache Individuum, das nur den Formwerth einer einzigen Plastide besitzt, durch fortgesetzte Ernährung und einfaches Wachsthum ein gewisses Maass der Grösse erreicht hat, überschreitet es dasselbe nicht mehr, sondern zerfällt durch einfache Theilung in zwei gleiche Hälften. Jede dieser beiden Hälften führt sofort ihr selbstständiges Leben und wächst wiederum, bis sie durch Ueberschreitung jener Wachsthums-Grenze abermals sich theilt. Bei jeder solcher einfachen Selbsttheilung bilden sich zwei neue Anziehungs-Mittelpunkte für die Körpertheilchen, als Grundlagen der beiden neuen Individuen, während beim Wachsthum ein einziges Attractions-Centrum das Ganze beherrscht[135].

Bei vielen anderen Urthieren oder Protozoen erfolgt die einfache Fortpflanzung nicht durch Theilung, sondern durch Knospenbildung. In diesem Falle ist das Wachsthum, welches die Fortpflanzung anbahnt, kein totales (wie bei der Theilung), sondern ein partielles. Daher kann man auch bei der Knospenbildung das lokale Wachsthums-Product, das sich als Knospe zu einem neuen Individuum gestaltet, als kindliches Individuum dem elterlichen Organismus, aus dem es entsteht, gegenüberstellen. Der letztere ist älter und grösser als das erstere. Hingegen sind bei der Theilung die beiden Theilungsproducte von gleichem Alter und von gleichem Formwerthe. Als weitere Differenzirungs-Formen der geschlechtslosen Fortpflanzung schliessen sich dann an die Knospenbildung drittens die Keimknospenbildung (Polysporogonie) und viertens die Keimzellenbildung (Monosporogonie) an. Diese letztere aber führt uns unmittelbar zur geschlechtlichen oder sexuellen Fortpflanzung hinüber, für welche die gegensätzliche Differenzirung beider Geschlechter das bedingende Moment ist. Ich habe in meiner Generellen Morphologie (Bd. II, S. 32—71) und in meiner Natürlichen Schöpfungsgeschichte (S. 164—181) den Zusammenhang dieser verschiedenen Fortpflanzungs-Arten ausführlich erörtert.

Alle ältesten Vorfahren des Menschen und der höheren Thiere besassen noch nicht die höhere Function der geschlechtlichen Fort-

pflanzung, sondern vermehrten sich bloss auf ungeschlechtlichem Wege, durch Theilung, Knospenbildung, Keimknospenbildung oder Keimzellenbildung, wie es die meisten Urthiere oder Protozoen noch heute thun. Erst in einer späteren Periode der organischen Erdgeschichte konnte der sexuelle Gegensatz der beiden Geschlechter entstehen, und das geschah zuerst in der einfachsten Weise dadurch, dass zwei verschiedene Zellen aus dem Staatsverbande des vielzelligen Organismus sich ablösten und mit einander verschmolzen, um dadurch ein neues selbstständiges Individuum zu erzeugen. Wir können sagen, dass in diesem Falle das Wachsthum, welches die Vorbedingung der Fortpflanzung ist, dadurch erreicht wurde, dass zwei erwachsene Zellen zu einem einzigen, nun übermässig grossen Individuum sich verbanden („Copulation“ oder „Conjugation“). Anfangs können die beiden copulirten Zellen ganz gleichartig gewesen sein. Bald aber wird sich durch natürliche Züchtung ein Gegensatz zwischen ihnen ausgebildet haben. Denn es musste für das neuerzeugte Individuum im Kampfe um's Dasein von grossem Vortheile sein, verschiedene Eigenschaften von beiden Zellen-Eltern geerbt zu haben. Die vollständige Ausbildung dieses fortschreitenden Gegensatzes zwischen den beiden zeugenden Zellen führte zur geschlechtlichen oder sexuellen Differenzirung. Die eine Zelle wurde zur weiblichen Eizelle, die andere zur männlichen Samenzelle.

Die einfachsten Verhältnisse der geschlechtlichen Fortpflanzung unter den gegenwärtig lebenden Thieren bieten uns die niederen Schwämme (Spongien) und namentlich die Kalkschwämme (Calcispongien) dar. Die primitivste Form unter diesen letzteren ist der Olynthus; sein ganzer Körper ist ein einfacher Darmschlauch, der sich von der Gastrula (Fig. 108) wesentlich nur dadurch unterscheidet, dass er an dem der Mundöffnung entgegengesetzten Ende festgewachsen ist (Fig. 109, S. 401). Die dünne Wand des Schlauches besteht bloss aus den beiden primären Keimblättern. Sobald derselbe geschlechtsreif wird, bilden sich einzelne Zellen der Wand zu weiblichen Eizellen, andere zu männlichen Spermazellen oder Samenzellen um: die ersteren werden sehr gross, indem sie eine beträchtliche Menge von Dotterkörnern in ihrem Protoplasma bilden; die letzteren umgekehrt werden durch fortgesetzte Theilung sehr klein und verwandeln sich in bewegliche „stecknadelförmige“ Spermatozoen (Fig. 11, S. 136). Beiderlei Zellen lösen sich von ihrer Geburts-

stätte, den primären Keimblättern, los, fallen entweder in das umgebende Wasser oder in die Darmhöhle, und vereinigen sich hier, indem sie mit einander verschmelzen. Das ist der bedeutungsvolle Vorgang der „Befruchtung" der Eizelle durch die Samenzelle, den wir früher bereits betrachtet haben (S. 134—138).

Durch diese einfachsten Vorgänge der geschlechtlichen Fortpflanzung, wie sie bei den niedersten Pflanzenthieren, vor allen bei Kalkschwämmen und Hydroid-Polypen, noch heute zu beobachten sind, werden wir mit mehreren ausserordentlich wichtigen und bedeutungsvollen Erkenntnissen bereichert: Erstens erfahren wir dadurch, dass für die geschlechtliche Fortpflanzung in ihrer einfachsten Form weiter gar nichts erforderlich ist, als die Verschmelzung oder Verwachsung (Concrescenz) von zwei verschiedenen Zellen, einer weiblichen Eizelle und einer männlichen Spermazelle oder Samenzelle; alle anderen Verhältnisse und alle die übrigen, höchst zusammengesetzten Erscheinungen, welche bei den höheren Thieren den geschlechtlichen Zeugungsact begleiten, sind von untergeordneter und secundärer Natur, sind erst nachträglich zu jenem einfachsten, primären Copulations- und Befruchtungs-Process hinzugetreten oder durch „Differenzirung" entstanden. Wenn wir aber nun bedenken, welche ausserordentlich wichtige Rolle das Verhältniss der beiden Geschlechter überall in der organischen Natur, im Pflanzenreiche, wie im Thier- und Menschenleben spielt, wie die gegenseitige Neigung und Anziehung beider Geschlechter, die Liebe, die Triebfeder der mannichfaltigsten und merkwürdigsten Vorgänge, ja eine der wichtigsten mechanischen Ursachen der höchsten Lebens-Differenzirung überhaupt ist, so werden wir diese Zurückführung der Liebe auf ihre Urquelle, auf die Anziehungskraft zweier verschiedener Zellen, gar nicht hoch genug anschlagen können (vergl. S. 138). Ueberall in der lebendigen Natur gehen von dieser kleinsten Ursache die grössten Wirkungen aus. Denken Sie allein an die Rolle, welche die Blumen, die Geschlechtsorgane der Blüthenpflanzen, in der Natur spielen; oder denken Sie an die Fülle von wunderbaren Erscheinungen, welche die geschlechtliche Zuchtwahl im Thierleben bewirkt; denken Sie endlich an die folgenschwere Bedeutung, welche die Liebe im Menschenleben besitzt: überall ist die Verwachsung zweier Zellen das einzige, ursprünglich treibende Motiv; überall übt dieser unscheinbare Vorgang den grössten Einfluss auf die Entwicke-

lung der mannichfaltigsten Verhältnisse aus. Wir dürfen wohl behaupten, dass kein anderer organischer Process diesem an Umfang und Intensität der differenzirenden Wirkung nur entfernt an die Seite zu stellen ist. Denn ist nicht der semitische Mythus von der Eva, die den Adam zur „Erkenntniss" verführte, und ist nicht die altgriechische Sage von Paris und Helena, und sind nicht so viele andere herrliche Dichtungen bloss der poetische Ausdruck des unermesslichen Einflusses, welchen die Liebe und die davon abhängige „sexuelle Selection" [20]) seit der Differenzirung der beiden Geschlechter auf den Gang der Weltgeschichte ausgeübt hat? Alle anderen Leidenschaften, die sonst noch die Menschenbrust durchtoben, sind in ihrer Gesammt-Wirkung nicht entfernt so mächtig, wie die sinnentflammende und vernunftbethörende Liebe. Auf der einen Seite verherrlichen wir die Liebe dankbar als die Quelle der herrlichsten Kunsterzeugnisse: der erhabensten Schöpfungen der Poesie, der bildenden Kunst und der Tonkunst; wir verehren in ihr den mächtigsten Factor der menschlichen Gesittung, die Grundlage des Familienlebens und dadurch der Staats-Entwickelung. Auf der anderen Seite fürchten wir in ihr die verzehrende Flamme, welche den Unglücklichen in das Verderben treibt, und welche mehr Elend, Laster und Verbrechen verursacht hat, als alle anderen Uebel des Menschengeschlechts zusammengenommen. So wunderbar ist die Liebe und so unendlich bedeutungsvoll ihr Einfluss auf das Seelenleben, auf die verschiedensten Functionen des Markrohrs, dass gerade hier mehr als irgendwo die „übernatürliche" Wirkung jeder natürlichen Erklärung zu spotten scheint. Und doch führt uns trotz alledem die vergleichende Biologie und Entwickelungsgeschichte ganz klar und unzweifelhaft auf die älteste und einfachste Quelle der Liebe zurück, auf die Wahlverwandtschaft zweier verschiedener Zellen: Spermazelle und Eizelle.

Wie uns die niedersten Pflanzenthiere über diesen einfachsten Ursprung der verwickelten Fortpflanzungs-Erscheinungen belehren, so eröffnen sie uns zweitens auch die wichtige Erkenntniss, dass das älteste und urspüngliche Geschlechts-Verhältniss die Zwitterbildung war und dass aus dieser erst secundär (durch Arbeitstheilung) die Geschlechtstrennung hervorging. Die Zwitterbildung (*Hermaphroditismus*) ist bei den niederen Thieren der verschiedensten Gruppen vorherrschend; jedes einzelne geschlechtsreife

Individuum, jede Person, enthält hier weibliche und männliche Geschlechtszellen, ist also fähig, sich selbst zu befruchten und fortzupflanzen. So finden wir nicht allein bei den eben angeführten niedersten Pflanzenthieren, bei den Kalkschwämmen und vielen Hydroid-Polypen, z. B. bei dem gemeinen Süsswasser-Polypen (*Hydra*), auf einer und derselben Person Eizellen und Samenzellen vereinigt; sondern auch viele Würmer (z. B. die Ascidien, Regenwürmer und Blutegel), viele Schnecken (die gewöhnlichen Garten-und Weinbergs-Schnecken), und viele andere wirbellose Thiere sind solche Zwitter oder Hermaphroditen. Aber auch alle älteren wirbellosen Vorfahren des Menschen, von den Gasträaden bis zu den Chordoniern aufwärts, werden Zwitter gewesen sein. Ein wichtiges Zeugniss dafür liefert die merkwürdige, erst vor wenigen Jahren durch WALDEYER's Untersuchungen festgestellte Thatsache, dass auch bei den Wirbelthieren, beim Menschen ebenso wie bei den übrigen Vertebraten, die ursprüngliche Anlage der Geschlechts-Organe hermaphroditisch ist; wir werden gleich darauf noch näher zurückkommen [139]. Erst im weiteren Verlaufe der Stammesgeschichte hat sich aus dem Hermaphroditismus die Geschlechtstrennung (*Gonochorismus*) entwickelt, die Vertheilung der beiderlei Geschlechtszellen auf verschiedene Personen. Anfangs sind männliche und weibliche Personen bloss durch den Besitz der beiderlei Zellen verschieden, im Uebrigen ganz gleich gewesen, wie es beim Amphioxus und bei den Cyclostomen noch heutzutage der Fall ist. Erst später haben sich durch die von DARWIN so glänzend erläuterte geschlechtliche Zuchtwahl, durch die wirkungsvolle *Selectio sexualis* die sogenannten „secundären Sexual-Charaktere“ entwickelt, d. h. diejenigen Unterschiede des männlichen und weiblichen Geschlechts, welche nicht die primären Sexual-Organe, d. h. die Geschlechts-Organe selbst, sondern andere Körpertheile betreffen (z. B. der Bart des Mannes, die Brust des Weibes) [20].

Die dritte wichtige Thatsache, über welche wir durch die niederen Pflanzenthiere Auskunft erhalten, betrifft den ältesten Ursprung der beiderlei Geschlechts-Zellen. Da nämlich bei den Spongien und Hydroiden, bei welchen wir jene einfachsten Anhänge der geschlechtlichen Differenzirung antreffen, der ganze Körper zeitlebens nur aus den beiden primären Keimblättern besteht, so können auch die beiderlei Geschlechts-Zellen hier nur aus Zellen der

beiden primären Keimblätter entstanden sein. Diese einfache Erkenntniss ist deshalb ausserordentlich wichtig, weil die Frage vom ersten Ursprung der Eizellen sowohl als der Spermazellen bei den höheren Thieren — und insbesondere bei den Wirbelthieren — ausserordentliche Schwierigkeiten darbietet. Gewöhnlich hat es hier den Anschein, als ob dieselben nicht aus einem der beiden primären, sondern aus einem der vier secundären Keimblätter entstünden. Dieser Anschein wird aber durch jene niederen Pflanzenthiere widerlegt. Wenn man nicht die unberechtigte und paradoxe Annahme aufstellen will, dass die Geschlechts-Zellen bei den höheren Thieren einen ganz anderen Ursprung haben als bei den niederen, so wird man sie bei jenen wie bei diesen ursprünglich (phylogenetisch!) von einem der beiden primären Keimblätter ableiten müssen. Man muss dann annehmen, dass diejenigen Zellen des Hautblattes oder des Darmblattes, welche als die ältesten Vorfahren der Spermazellen und der Eizellen zu betrachten sind, während der Abspaltung des Hautfaserblattes vom Hautsinnesblatte oder des Darmfaserblattes vom Darmdrüsenblatte sich nach innen in die entstehende Leibeshöhle zurückgezogen und so die innere Lagerung zwischen beiden Faserblättern erworben haben, welche beim ersten Deutlichwerden der Geschlechtszellen im Wirbelthier-Embryo als die ursprüngliche erscheint. Anderenfalls müsste man sich zu der polyphyletischen Hypothese bequemen, dass die Eizellen und Spermazellen bei höheren und niederen Thieren verschiedenen Ursprungs seien, bei ersteren unabhängig von letzteren entstanden: eine Vorstellung, die anfangs vielleicht einfacher erscheint, bei weiterem Nachdenken aber noch viel grössere Schwierigkeiten darbietet.

Wenn wir demnach jetzt beim Menschen wie bei allen übrigen Thieren die beiderlei Geschlechtszellen von den beiden primären Keimblättern ableiten, so entsteht die weitere Frage: Sind die weiblichen Eizellen und die männlichen Spermazellen aus beiden primären Keimblättern oder nur aus einem von beiden entstanden? und in letzterem Falle: aus welchem von beiden? Diese wichtige und interessante Frage gehört zu den schwierigsten und dunkelsten Problemen der Entwickelungsgeschichte, und es ist bis zum gegenwärtigen Augenblick noch nicht gelungen, darüber volle Klarheit zu erlangen. Im Gegentheil werden von namhaften Naturforschern noch heute die verschiedensten Antworten darauf

gegeben. Unter den verschiedenen Möglichkeiten, die sich hier bieten, sind gewöhnlich nur zwei in's Auge gefasst worden. Man hat nämlich angenommen, dass beiderlei Geschlechtszellen aus demselben primären Keimblatte ursprünglich entstanden seien, entweder aus dem Hautblatte oder aus dem Darmblatte. Aber fast ebenso viele und angesehene Beobachter haben die eine, wie die andere Quelle vertreten. So haben namentlich NICOLAUS KLEINENBERG und EILHARD SCHULZE in ihren vortrefflichen Monographien der Hydra und Cordylophora sowohl Eizellen als Spermazellen aus dem Hautblatt oder Exoderm abgeleitet [134]. Hingegen sind KÖLLIKER und ALLMAN durch ihre ausgedehnten Untersuchungen über andere Hydroiden und Medusen zu der entgegengesetzten Ansicht geführt worden, dass beiderlei Sexual-Zellen im Darmblatt oder Entoderm ihren Ursprung haben. Ich selbst habe mich nach meinen eigenen Untersuchungen über Hydromedusen und Kalkschwämme dieser letzteren Ansicht angeschlossen, nachdem ich früher die erstere für die richtige gehalten hatte. Da ich jedoch auch jetzt noch die ganze Frage für offen halte, habe ich (entsprechend meiner früheren Ansicht und abweichend von meiner Stellung in den Monographien der Geryoniden und der Kalkschwämme) in diesen Vorträgen einstweilen das Exoderm als Ursprungsstätte der beiderlei Keimzellen gelten lassen, natürlich ohne damit die unentschiedene Frage bestimmt beantworten zu wollen. (Vergl. die III. Tabelle, S. 218 und Taf. II, Fig. 5*k* — 7*k*; vergl. auch S. 189 und 206.)

So eben erscheint nun eine Abhandlung von dem ebenso durch seine exacten Beobachtungen wie durch seine philosophischen Reflexionen ausgezeichneten belgischen Naturforscher EDUARD VAN BENEDEN in Lüttich, welche das dunkle und in den letzten Jahren so viel besprochene Räthsel vom ersten Ursprunge der Sexual-Zellen in der klarsten und einfachsten Weise zu lösen verspricht [149]. Nach sehr sorgfältigen Untersuchungen, welche derselbe an Hydractinia, Clava und anderen Hydroid-Polypen angestellt hat, haben die beiderlei Geschlechtszellen nicht, wie die Meisten bisher angenommen, denselben, sondern einen entgegengesetzten Ursprung. Es entwickeln sich die Eizellen aus dem Darmblatt, hingegen die Spermazellen aus dem Hautblatt. Die Ausbildung des Gegensatzes der beiden Geschlechter, die so unendlich folgenreich ist, würde demnach schon während der Differenzirung der beiden primären Keimblätter bei den einfachsten

und niedersten Pflanzenthieren begonnen haben: das Exoderm würde das männliche Keimblatt und das Entoderm das weibliche Keimblatt sein. Sollte sich diese wichtige Entdeckung VAN BENEDEN'S, wie zu hoffen ist, bestätigen und als allgemein gültiges Gesetz herausstellen, so würde damit die Biologie einen Fortschritt von ausserordentlicher Tragweite thun. Denn nicht allein würde damit klares Licht in das dunkle Gewirr widersprechender empirischer Vorstellungen fallen, sondern auch eine neue Bahn philosophischer Reflexion für einen der wichtigsten biogenetischen Processe eröffnet werden.

Verfolgen wir nun weiter die Phylogenie der Geschlechts-Organe bei unseren ältesten Metazoen-Ahnen, wie sie uns noch heute durch die vergleichende Anatomie und Ontogenie der niedersten Würmer und Pflanzenthiere vor Augen gelegt wird, so haben wir als ersten Fortschritt die Sammlung der beiderlei Geschlechtszellen in bestimmte Gruppen hervorzuheben. Während bei den Schwämmen und niedersten Hydra-Polypen einzelne zerstreute Zellen aus den Zellenschichten der beiden primären Keimblätter sich absondern, isoliren und als Geschlechts-Zellen frei werden, finden wir dieselben bei den höheren Pflanzenthieren und Würmern associirt und gruppenweise in sociale Haufen zusammengedrängt, die wir nunmehr als „Geschlechtsdrüsen“ oder „Keimdrüsen“ (*Gonades*) bezeichnen. Erst jetzt können wir von Geschlechts-Organen in morphologischem Sinne sprechen. Die weiblichen Keimdrüsen, die demgemäss in ihrer einfachsten Form einen Haufen von gleichartigen Eizellen darstellen, sind die Eierstöcke (*Ovaria* oder *Oophora*). Die männlichen Keimdrüsen, die ebenso in ihrer ältesten Anlage bloss aus einem Haufen von Spermazellen bestehen, sind die Hoden (*Testiculi* oder *Orchides*). In dieser ältesten und einfachsten Gestalt treffen wir die Eierstöcke und Hoden nicht allein bei vielen Würmern (Anneliden) und Pflanzenthieren, sondern auch noch bei den beiden niedersten Wirbelthier-Klassen, den Schädellosen und Kieferlosen, an. Wie Sie sich aus der Anatomie des Amphioxus noch erinnern werden, finden wir hier die Eierstöcke beim Weibchen und die Hoden beim Männchen in Gestalt von 20—30 elliptischen oder rundlich-viereckigen einfachen Säckchen, welche beiderseits des Darmes innen an der Leibeswand angeheftet sind, zwischen Darmwand und Leibeswand. (Vergl. S. 305, 321 und Taf. VII, Fig. 13*e*.)

Diese Lagerung der Geschlechtsdrüsen beim Amphioxus belehrt uns bereits über die Wanderungen der Sexualzellen, welche dieselben bei allen höheren Thieren schon in einer frühen Periode der embryonalen Entwickelung antreten. Von ihrer Ursprungsstätte in den primären Keimblättern ziehen sich die Geschlechtszellen frühzeitig in das geschützte Innere der Leibeshöhle zurück, wo sie weniger den schädlichen Einflüssen der Aussenwelt ausgesetzt sind, als wenn sie die ursprüngliche Lagerung im Exoderm oder Entoderm beibehalten hätten. Sie verhalten sich darin ganz ähnlich, wie die Zellen des Central-Nervensystems, welche sich ebenfalls frühzeitig vom Exoderm abschnüren und die geschütztere Lage im Inneren des Körpers aufsuchen (vergl. S. 504, 521). Wenn die Entdeckung VAN BENEDEN's sich bestätigt, so wandern die männlichen Spermazellen vom Hautsinnesblatte aus nach innen hinein und erscheinen hier bald als integrirende Bestandtheile des Hautfaserblattes. Die weiblichen Eizellen umgekehrt wandern vom Darmdrüsenblatte aus nach aussen und gerathen so in das Darmfaserblatt hinein. Beiderlei Zellen begegnen sich in der Mitte der zwischen Hautfaserblatt und Darmfaserblatt entstehenden Leibeshöhle (oder vielmehr in dem der Chorda zunächst gelegenen, medialen Theile des Coeloms), an jener

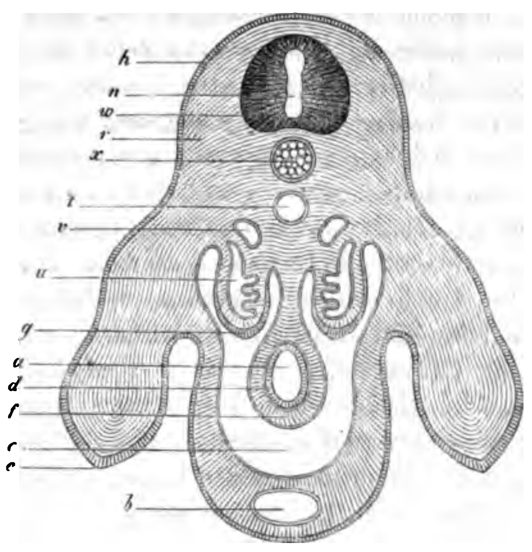


Fig. 200.

Fig. 200. Querschnitt durch die Beckengegend und die Hinterbeine eines Hühner-Embryo vom vierten Brütetage, etwa 40 mal vergrössert. *h* Hornplatte. *w* Markrohr. *n* Canal des Markrohrs. *u* Urnieren. *x* Chorda. *e* Hinterbeine. *b* Allantois-Canal in der Bauchwand. *t* Aorta. *v* Cardinal-Venen. *a* Darm. *d* Darmdrüsenblatt. *f* Darmfaserblatt. *g* Keim-Epithel. *r* Rückenmuskeln. *c* Leibeshöhle oder Coelom. (Nach WALDEYER.)

kritischen Stelle der Coelom-Wand, wo das Endocoelar (oder das viscerale Coelom-Epithel, S. 218) übergeht in das Exocoelar (oder das parietale Coelom-Epithel, S. 218). An jener hochwichtigen kritischen Stelle wird beim Embryo des Menschen und der übrigen Wirbelthiere schon frühzeitig eine kleine Zellen-Anhäufung bemerkbar, welche wir nach WALDEYER [139]) das „Keim-Epithel" oder (in Uebereinstimmung mit den übrigen plattenförmigen Organ-Anlagen) die Keimplatte nennen können (Fig. 200*g*; Taf. II, Fig. 5*k*). Die Zellen dieser Keimplatte oder Geschlechtsplatte (*Lamella sexualis*) zeichnen sich durch ihre cylindrische Form und chemische Zusammensetzung wesentlich vor den übrigen Coelom-Zellen aus; sie haben eine andere Bedeutung als die platten Zellen des „serösen Coelom-Epithels", welche den übrigen Theil der Leibeshöhle auskleiden [141]). Von diesen letzteren, den eigentlichen „Coelom-Zellen", stammen diejenigen, welche das Darmrohr und das Gekröse oder Mesenterium überkleiden („*Endocoelar*"), vom Darmfaserblatte ab (in Fig. 5, Taf. II roth gemalt); diejenigen, welche die Innenfläche der äusseren Leibeswand auskleiden („*Exocoelar*"), sind hingegen Abkömmlinge des Hautfaserblattes (in Fig. 5, Taf. II blau gemalt). Die Geschlechtszellen oder Sexual-Zellen aber, welche an der Grenze der beiderlei Coelom-Zellen auftreten, sich gewissermaassen zwischen Endocoelar und Exocoelar einschieben und hier die Keimplatte bilden, dürften weder vom Darmfaserblatt noch vom Hautfaserblatt abzuleiten sein, sondern direct von einem der beiden primären Keimblätter, oder vielleicht von den beiden zugleich. Ich habe auf Taf. II in Fig. 5, 6 und 7 die Keimplatte (*k*) orangeroth gezeichnet und damit ihre wahrscheinliche Abstammung vom Hautsinnesblatte angedeutet; allein wenn VAN BENEDEN's Entdeckung sich bestätigt, so würde das bloss für die äussere Hälfte der Keimplatte richtig sein, die innere Hälfte derselben würde grün zu zeichnen sein, mit der Farbe des Darmdrüsenblattes. Denn es bleibt aus wichtigen Gründen sehr wahrscheinlich, dass bereits die erste Anlage der Keimplatte hermaphroditisch ist, und dass dieses „Keimepithel" (wie es beim Menschen und allen anderen Wirbelthieren zwischen Exocoelar und Endocoelar sichtbar wird) eine einfachste Zwitterdrüse darstellt. Die an das Darmfaserblatt anstossende innere Hälfte derselben, die vom Darmdrüsenblatte stammt, wäre die Anlage des Eierstockes; die

an das Hautfaserblatt anstossende äussere Hälfte derselben, die vom Hautsinnesblatte herzuleiten ist, wäre die Anlage des Hodens. Freilich ist das nur eine Vermuthung!

Wir müssten demnach eigentlich zwei verschiedene Sexualplatten oder Keim-Epithelien unterscheiden: die weibliche Sexualplatte, ein Product des Darmblattes, aus dem sich das Eierstocks-Epithel, die Mutterzellen der Eier bilden („Eierstocksplatte"); und die nach aussen daran gelegene männliche Sexualplatte, ein Product des Hautblattes, aus dem sich das Hoden-Epithel, die Mutterzellen der Samenfäden entwickeln („Hodenplatte"). Freilich erscheinen beiderlei Geschlechtsplatten schon in der ersten wahrnehmbaren Anlage beim Embryo des Menschen und der höheren Wirbelthiere so unmittelbar neben einander, dass man sie bisher für eine einzige gemeinsame, indifferente Organ-Anlage gehalten hat. Allein ebenso wie ihre morphologische und physiologische Bedeutung einen fundamentalen Gegensatz darbietet, so ist wohl auch ihr erster Ursprung grundverschieden, und dieser ist ja eben nunmehr mit grosser Wahrscheinlichkeit auf die beiden primären Keimblätter zurückzuführen.

Während wir in der Ausbildung der beiderlei Sexual-Zellen und in ihrer Vereinigung bei der Befruchtung das einzige wesentliche Moment der geschlechtlichen Fortpflanzung erblicken müssen, finden wir doch daneben bei der grossen Mehrzahl der Thiere noch andere, bei der Fortpflanzung thätige Organe vor. Die wichtigsten von diesen secundären Geschlechts-Organen sind die Ausführgänge, welche zur Abführung der reifen Geschlechtszellen aus dem Körper dienen, und demnächst die Begattungs-Organe, welche die Uebertragung des befruchtenden Sperma von der männlichen Person auf die eierhaltige weibliche Person vermitteln. Die letzteren kommen nur bei höheren Thieren verschiedener Stämme vor und sind viel weniger allgemein verbreitet als die Ausführungsgänge. Allein auch diese sind secundär entstanden und fehlen vielen Thieren der niederen Gruppen. Hier werden die reifen Geschlechtszellen meistens direct nach aussen entleert. Bald treten sie unmittelbar durch die äussere Hautdecke nach aussen (Hydra und viele Hydroiden); bald fallen sie in die Magenhöhle und werden durch die Mundöffnung ausgeworfen (andere Hydra-Polypen und Korallen); bald fallen sie in die Leibeshöhle und werden durch ein besonderes Loch der Bauchwand (*Porus genitalis*) entleert. Das letztere ist bei vie-

len Würmern, aber auch noch bei einigen niederen Wirbelthieren der Fall (Cyclostomen, einige Fische), und belehrt uns über die ältesten Verhältnisse, die bei unseren Vorfahren in dieser Beziehung bestanden. Hingegen finden wir bei allen höheren und bei den meisten niederen Wirbelthieren (wie auch bei den meisten höheren wirbellosen Thieren) in beiden Geschlechtern besondere röhrenförmige Ausführgänge der Geschlechtszellen oder „Geschlechtsleiter“ (*Gonophori*). Beim weiblichen Geschlechte führen dieselben die Eizellen aus den Eierstöcken nach aussen ab und werden daher Eileiter genannt (*Oviductus* oder *Tubae Fallopiae*). Beim männlichen Geschlechte leiten diese Röhren die Spermazellen aus den Hoden nach aussen und heissen daher Samenleiter (*Spermaductus* oder *Vasa deferentia*).

Das ursprüngliche und genetische Verhalten dieser beiderlei Ausführgänge ist bei dem Menschen ganz dasselbe wie bei den übrigen höheren Wirbelthieren, und ganz verschieden von demjenigen der meisten wirbellosen Thiere. Während nämlich hier meistens die Geschlechtsleiter unmittelbar von den Keimdrüsen oder von der äusseren Haut oder vom Darmcanal aus sich entwickeln, wird bei den Wirbelthieren zur Ausführung der Geschlechtsproducte ein selbstständiges Organ-System verwendet, welches ursprünglich eine ganz andere Bedeutung und Function besass, nämlich das Nierensystem oder die Harnorgane. Diese Organe haben ursprünglich und primär bloss die Aufgabe, unbrauchbare Stoffe in flüssiger Form aus dem Körper auszuscheiden. Das von ihnen bereitete flüssige Ausscheidungs-Product wird als Harn (*Urina*) bezeichnet und entweder unmittelbar durch die äussere Haut oder durch den letzten Abschnitt des Darmes nach aussen entleert. Erst in zweiter Linie, erst secundär nehmen die röhrenförmigen „Harnleiter“ auch die Geschlechtsproducte aus dem Inneren auf und führen sie nach aussen ab. Sie werden so zu „Harngeschlechtsleitern“ (*Ductus urogenitales*). Diese merkwürdige secundäre Vereinigung der Harnorgane und Geschlechtsorgane zu einem gemeinsamen „Harngeschlechtsapparat“ oder „Urogenital-System“ ist für die höheren Wirbelthiere sehr charakteristisch. Sie fehlt jedoch noch den niedersten und kommt andererseits auch bereits bei den höheren Ringelwürmern vor, bei den Anneliden. Um dieselbe richtig zu würdigen, müssen wir zu-

nächst einen vergleichenden Blick auf die Einrichtung der Harnorgane überhaupt werfen.

Das Nierensystem oder „Harnsystem“ (*Systema uropoeticum*) gehört zu den ältesten und wichtigsten Organ-Systemen des differenzirten Thierkörpers, wie schon früher gelegentlich hervorgehoben wurde (vergl. S. 407 und 633). Wir finden dasselbe nicht allein in den höheren Thierstämmen, sondern auch in dem älteren Stamme der Würmer fast allgemein verbreitet vor. Hier treffen wir es sogar bei den niedersten und unvollkommensten Würmern an, die wir kennen, bei den Plattwürmern (*Plathelminthes*, S. 403). Obgleich diese „Acoelomen“-Würmer noch keine Leibeshöhle, kein Blut, kein Gefässsystem besitzen, ist dennoch das Nierensystem allgemein bei ihnen vorhanden. Es besteht aus einem Paar einfacher oder verzweigter Canäle, die mit einer Zellenschicht ausgekleidet sind, unbrauchbare Säfte aus den Geweben aufsaugen und diese durch eine äussere Hautöffnung abführen. Nicht allein die frei lebenden Strudelwürmer, sondern auch die parasitischen Saugwürmer, ja sogar die noch weiter entarteten Bandwürmer, welche in Folge parasitischer Lebensweise ihren Darmcanal verloren haben, sind mit solchen „Harncanälen“ oder Urnieren ausgestattet. Gewöhnlich werden dieselben bei den Würmern als Ausscheidungs-Röhren oder „Excretions-Organe“ bezeichnet, früher auch oft als Wassergefässe. Dieselben sind phylogenetisch als mächtig entwickelte schlauchförmige Hautdrüsen aufzufassen, ähnlich den Schweissdrüsen der Säugethiere, und gleich diesen aus dem Hautsinnesblatte entstanden. (Vergl. Fig. 132 *u*, S. 505, und Fig. 135, S. 508).

Während bei diesen niedersten Würmern, deren ganzer, ungegliederter Körper nur den Formwerth eines einzigen Metameres besitzt, nur ein einziges Paar Nierencanäle vorhanden ist, treten dieselben bei den höher stehenden gegliederten Würmern in grösserer Zahl auf. Bei den Ringelwürmern (*Annelides*), deren Körper aus einer grossen Zahl von Gliedern oder Metameren zusammengesetzt ist, findet sich in jedem einzelnen Gliede oder „Segmente“ ein Paar solcher Urnieren vor (daher „Segmental-Organe“ genannt). Auch hier sind sie noch ganz einfache Röhren, die jedoch wegen ihrer gewundenen oder schleifenartig zusammengelegten Form oft als „Schleifencanäle“ bezeichnet werden. Zu der ursprünglich allein vorhandenen, primären, äusseren Oeffnung in der Oberhaut tritt aber

jetzt eine zweite, secundäre, innere Oeffnung in die Leibeshöhle oder in das Coelom hinein. Diese Oeffnung ist mit strudelnden Flimmerhaaren ausgestattet und kann demnach unmittelbar die auszuscheidenden Säfte aus der Leibeshöhle aufnehmen und nach aussen abführen. Nun fallen aber bei diesen Würmern auch die Geschlechtszellen, die sich aus Keimdrüsen einfachster Form an der Innenfläche der Leibeswand entwickeln, nach erlangter Reife in das Coelom hinein, werden ebenfalls von den trichterförmigen inneren Flimmer-Oeffnungen der Nierencanäle verschluckt und mit dem Harne nach aussen abgeführt. Die harnbildenden „Schleifencanäle“ oder „Urnieren“ dienen demnach bei den weiblichen Ringelwürmern zugleich als „Eileiter“, bei den männlichen als „Samenleiter“.

Sie werden nun gewiss gespannt sein, zu erfahren, wie sich in dieser Beziehung der Amphioxus verhält, der wegen seiner Mittelstellung zwischen Würmern und Wirbelthieren uns so viele bedeutende Aufschlüsse giebt. Leider lässt er uns aber diesmal vorläufig im Stich. Wir wissen nämlich gerade über die Beziehungen der Harn- und Geschlechts-Organe beim Amphioxus zur Zeit noch nichts Sicheres. Die Nieren werden ihm gewöhnlich ganz abgesprochen. Allein wir haben schon früher erklärt (S. 306), dass wir berechtigt sind, wenigstens nach Rudimenten einer rückgebildeten Niere beim Amphioxus zu suchen, und dass wir als solche Rudimente die beiden langen „Seiten-Canäle“ deuten dürfen, welche jederseits am Bauche zwischen der äusseren Haut (*h*) und den Keimdrüsen (*e*) verlaufen (Taf. VII, Fig. 13 *u*). Diese „Urnieren-Canäle“ münden nach den Angaben von RATHKE und JOHANNES MÜLLER vorn in die Mundhöhle ein, und da die reifen Geschlechtszellen aus den unmittelbar benachbarten Keimdrüsen wohl direct in die Canäle hineinfallen können, so würden diese als Ausführgänge für Eier und Sperma dienen und dieselben durch den Mund entleeren können. Das soll nach den Angaben von KOWALEVSKY[64] in der That der Fall sein (S. 306, 321). Hingegen sollen nach älteren Angaben die reifen Geschlechtszellen aus den Keimdrüsen in die Leibeshöhle fallen und von hier durch ein Loch der Bauchwand (*Porus abdominalis*) nach aussen treten.

Diese letztere Art der Ausführung treffen wir bei der nächst höheren Wirbelthierklasse, bei den Cyclostomen noch an. Obgleich beide Ordnungen dieser Klasse, sowohl die Myxinoiden als die

Petromyzonten, entwickelte harnabscheidende Nieren besitzen, so dienen dieselben hier doch nicht zur Abführung der Geschlechtszellen. Vielmehr fallen diese aus den Keimdrüsen direct in das Coelom und werden durch ein hinten gelegenes Bauchloch nach aussen entleert. Hingegen ist das Verhalten der Urnieren hier von hohem Interesse und erklärt uns die verwickelte Nierenbildung der höheren Wirbelthiere. Wir finden nämlich zunächst bei den Myxinoiden (*Bdellostoma*) jederseits ein langgestrecktes Rohr, den „Urnierengang" (*Protureter*, Fig. 201 *a*). Dieser mündet innen in das Coelom durch eine flimmernde trichterförmige Oeffnung (wie bei den Ringelwürmern), aussen durch eine Oeffnung der äusseren Haut. An seiner inneren Seite münden eine grosse Anzahl von kleinen Quercanälchen ein („Harncanälchen", Fig. 201 *b*). Jedes dieser letzteren endigt blind in eine blasenförmig aufgetriebene Kapsel (*c*), und diese umschliesst einen Blutgefässknänel (*Glomerulus*, ein arterielles „Wundernetz", Fig. 201 *Bc*). Einführende Arterien-Aestchen (*Vasa afferentia*) leiten arterielles Blut in die gewundenen Verästelungen des „Glomerulus" hinein (*d*) und ausführende Arterien-Aestchen (*Vasa efferentia*) leiten dasselbe wieder aus dem Wundernetz heraus (*e*).

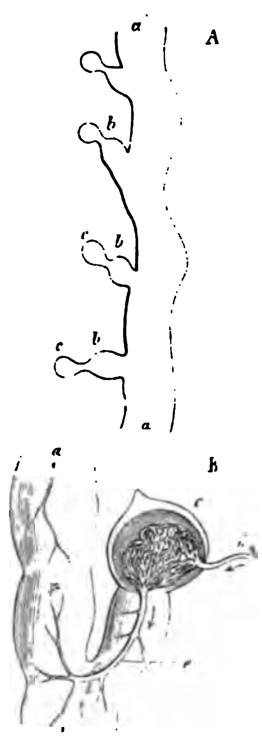


Fig. 201.

Ganz in derselben einfachsten Form, welche bei den Myxinoiden zeitlebens bestehen bleibt, wird die Urniere beim Embryo des Menschen und aller übrigen Schädelthiere zuerst angelegt. Sie erinnern sich, dass wir dieselbe beim menschlichen Embryo schon in jener frühen Periode antrafen, in welcher eben erst im Hautsinnesblatte die Sonderung des Markrohrs von der Hornplatte, sowie im Hauptfaserblatte

Fig. 201. *A*. Ein Stück Niere von Bdellostoma. *a* Urnierengang (*Protureter*). *b* Harncanälchen (*Tubuli uriniferi*). *c* Nierenbläschen (*Capsulae Malpighianae*). — *B* Ein Stück derselben, stärker vergrössert. *c* Nierenbläschen mit dem *Glomerulus*. *d* zuführende Arterie. *e* abführende Arterie. Nach Johannes Müller.

die Differenzirung von Chorda, Urwirbelplatte und Hautmuskelplatte erfolgt ist. Als erste Anlage der Urniere oder „Primordial-Niere“ erscheint hier jederseits unmittelbar unter der Hornplatte ein langer, dünner, fadenartiger Zellenstrang, welcher sich bald zu einem Canal aushöhlt, gerade von vorn nach hinten zieht und auf dem Querschnitte des Embryo (Fig. 202) seine ursprüngliche Lage in der Lücke

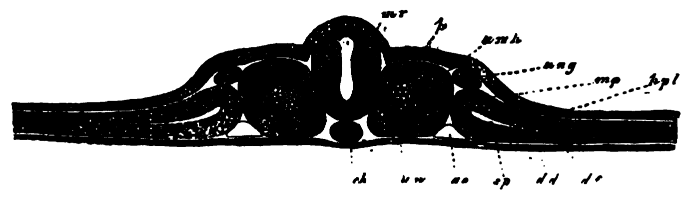


Fig. 202.

zwischen Hornplatte (*h*), Urwirbeln (*uw*) und Hautmuskelplatte (*hpl*) deutlich zeigt. Ueber den ersten Ursprung dieses „Urnierenganges“ wird noch gestritten, indem die einen Ontogenisten ihn von der Hornplatte, andere von der Urwirbelplatte, noch andere von der Hautmuskelplatte ableiten. Wahrscheinlich ist sein ältester (phylogenetischer!) Ursprung im Hautsinnesblatte zu suchen. Sehr bald verliert er aber seine oberflächliche Lage, wandert zwischen Urwirbelplatten und Seitenplatten hindurch nach innen hinein und kommt schliesslich an die innere Fläche der Leibeshöhle zu liegen. (Vergl. Fig. 48, S. 208 und Fig. 50—53, S. 214, sowie Taf. II, Fig. 3—6 *u*). Während dieser Wanderung des Urnierenganges entstehen an seiner inneren und unteren Seite eine grosse Anzahl von kleinen queren Canälchen (Fig. 203 *a*), ganz entsprechend den „Harncanälchen“ der Myxinoiden (Fig. 201 *b*). Wahrscheinlich sind dieselben, gleich den letzteren, ursprünglich Ausstülpungen des Urnierenganges (Fig. 200 *u*). Am blinden inneren Ende jedes „Urharncanälchens“ entsteht ein arterielles Wundernetz, welches in dieses blinde Ende von innen her hineinwächst und so einen „Gefässknäuel“ (*Glomerulus*) bildet. Der Glomerulus stülpt gewissermaassen das blasenförmig auf-

Fig. 202. Querschnitt durch den Embryo eines Hühnchens vom zweiten Brütetage. *h* Hornplatte. *mr* Markrohr. *ung* Urnierengang. *ch* Chorda. *uw* Urwirbelstrang. *hpl* Hautfaserblatt. *df* Darmfaserblatt. *mp* Gekrösplatte oder Mittelplatte (Verbindungsstelle beider Faserblätter). *sp* Leibeshöhle (Coelom). *ao* Primitive Aorta. *dd* Darmdrüsenblatt. Nach Kölliker.



Fig. 203.

getriebene blinde Ende des Harncanälchens in sich selbst hinein (ähnlich wie die Linse den Glaskörper, S. 550). Indem sich die anfangs sehr kurzen Urharncanälchen verlängern und vermehren, erhält jede der beiden Urnieren die Form eines halbgefiederten Blattes (Fig. 204). Die Fiederblättchen werden durch die Harncanälchen (*u*), die Blattrippe durch den aussen davon gelegenen Urnierengang (*w*) dargestellt. Am Innenrande der Urniere ist jetzt bereits als ansehnlicher Körper die Anlage der zwitterigen Geschlechtsdrüse sichtbar (*g*). Das hinterste Ende des Urnierenganges mündet ganz hinten in den letzten Abschnitt des Mastdarms hinein, wodurch sich dieser zur Kloake gestaltet. Jedoch ist diese Einmündung der Urnierengänge in den Darmcanal phylogenetisch als ein secundäres Verhältniss zu betrachten. Ursprünglich mündeten sie, wie die Cyclostomen deutlich beweisen, ganz unabhängig vom Darmcanal durch die äussere Bauchhaut aus und verrathen dadurch ihren ältesten phylogenetischen Ursprung aus der Hornplatte, als Hautdrüsen.



Fig. 204.

Während bei den Myxinoiden die Urnieren zeitlebens jene einfache Bildung beibehalten, tritt diese bei allen übrigen Schädelthieren nur rasch vorübergehend im Embryo auf, als ontogenetische Wiederholung jenes uralten phylogenetischen Zustandes. Sehr bald gestaltet sich hier die

Fig. 203. Urnieren-Anlage eines Hunde-Embryo. Das hintere Körperende des Embryo ist von der Bauchseite gesehen und durch das Darmblatt des Dottersackes bedeckt, welches abgerissen und

Urniere durch üppige Wucherung, Verlängerung, Vermehrung und Schlängelung der Harncanälchen zu einer ansehnlichen compacten Drüse von langgestreckter, ovaler oder spindelförmiger Gestalt, die der Länge nach durch den grössten Theil der embryonalen Leibeshöhle hindurchgeht. Sie liegt hier nahe der Mittellinie, unmittelbar unter der primitiven Wirbelsäule und reicht von der Herzgegend bis zur Kloake hin. Rechte und linke Urniere liegen parallel, ganz nahe neben einander, nur durch das Gekröse oder Mesenterium von einander getrennt; jenes schmale dünne Blatt, welches den Mitteldarm an der unteren Fläche der Urwirbelsäule anheftet (Fig. 73 *m*, 74 *m*, S. 264). Der Ausführgang jeder Urniere, der Protureter, verläuft an der unteren und äusseren Seite der Drüse nach hinten und mündet in die Kloake, ganz nahe an der Abgangsstelle der Allantois; später mündet er in die Allantois selbst (Fig. 75).

Die Urniere oder Primordial-Niere wurde beim Embryo der Amnioten früher bald als „Wolff'scher Körper", bald als „Oken'scher Körper" bezeichnet. Sie fungirt überall eine Zeit lang wirklich als Niere, indem sie unbrauchbare Säfte aus dem Embryo-Körper aufsaugt, abscheidet und in die Kloake, sodann in die Allantois abführt. Hier sammelt sich der „Urharn" an, und die Allantois fungirt demnach bei den Embryonen des Menschen und der übrigen Amnioten wirklich als Harnblase oder „Urharnsack" (S. 270). Jedoch steht dieselbe in gar keinem genetischen Zusammenhang mit den Urnieren, ist vielmehr, wie Sie wissen, eine taschenförmige Ausstülpung aus der vorderen Wand des Enddarmes (Fig. 79 *u*, 80 *b*, S. 270). Die Allantois ist daher ein Product des Darmblattes, während die Urnieren ein Product des Hautblattes sind. Phylogenetisch müssen wir uns denken, dass die Allantois als beutelförmige Ausstülpung der Kloakenwand in Folge der Ausdehnung entstand, die der von den Urnieren ausgeschiedene und in der Kloake angesammelte Urharn veranlasste. Sie ist ursprünglich ein Blindsack des Mastdarmes (Taf. III, Fig. 15 *hb*). So ist offenbar die wahre Harn-

---

vorn zurückgeschlagen ist, um die Urnierengänge mit den Urharncanälchen (*a*) zu zeigen. *b* Urwirbel. *c* Rückenmark. *d* Eingang in die Beckendarmhöhle. Nach BISCHOFF.

Fig. 204. Urniere eines menschlichen Embryo. *u* die Harncanälchen der Urniere. *w* Wolff'scher Gang. *w'* oberstes Ende desselben (Morgagni'sche Hydatide). *m* Müller'scher Gang. *m'* oberstes Ende desselben (Fallopische Hydatide). *g* Zwitterdrüse. Nach KOBELT.

blase der Wirbelthiere zuerst unter den Dipneusten (bei Lepidosiren, S. 454) aufgetreten und hat sich von da zunächst auf die Amphibien und von diesen auf die Amnioten vererbt. Beim Embryo der letzteren wächst sie weit aus der noch nicht geschlossenen Bauchwand hervor. Allerdings besitzen auch viele Fische schon eine sogenannte „Harnblase“. Allein diese ist weiter nichts als eine locale Erweiterung im unteren Abschnitte der Urnierengänge, also nach Ursprung und Zusammensetzung wesentlich von jener wahren Harnblase verschieden. Nur physiologisch sind beide Bildungen vergleichbar, also analog, weil sie dieselbe Function haben; aber morphologisch sind sie gar nicht zu vergleichen, also nicht homolog[142]). Die falsche Harnblase der Fische ist ein Product der Urnierengänge, also ein Abkömmling des Hautblattes: hingegen ist die wahre Harnblase der Dipneusten, Amphibien und Amnioten ein Blindsack des Enddarms, mithin ein Abkömmling des Darmblattes.

Bei allen niederen, amnionlosen Schädelthieren (bei den Cyclostomen, Fischen, Dipneusten und Amphibien) bleiben die Harnorgane insofern auf einer niederen Bildungsstufe stehen, als die Urnieren oder die primären Nieren (*Protonephra*) hier zeitlebens (obwohl vielfach modificirt) als harnabscheidende Drüsen fungiren. Hingegen ist das bei den drei höheren Wirbelthier-Klassen, die wir als Amnioten zusammenfassen, nur während des frühen Embryo-Lebens vorübergehend der Fall. Sehr bald entwickeln sich nämlich hier die nur diesen drei Klassen eigenthümlichen Nachnieren (*Renes* oder *Metanephra*), die sogenannten „bleibenden Nieren“ oder secundären Nieren. Diese entstehen nicht (wie man nach Remak lange Zeit glaubte) als ganz neue selbstständige Drüsen aus dem Darmrohr, sondern aus dem hintersten Abschnitte des Urnierenganges oder des Protureter. Hier wächst aus demselben, nahe seiner Einmündungsstelle in die Kloake, ein einfacher Schlauch, der secundäre Nierengang hervor, der sich nach vorn hin bedeutend verlängert. Aus seinem blinden oberen oder vorderen Theile entsteht die bleibende Niere, und zwar ganz ebenso wie die Urniere aus dem Urnierengang. Es wuchern nämlich aus dem secundären Nierengang zahlreiche kleine Blindröhrchen hervor, die secundären Harncanälchen, und das blinde kapselförmig erweiterte Ende derselben wird durch Gefässknäuel eingestülpt (*Glomeruli*). Durch Wucherung derselben entsteht die compacte Nachniere, die beim Menschen und

den meisten höheren Säugethieren die bekannte Bohnenform erhält, hingegen bei den niederen Säugethieren, Vögeln und Reptilien meist in viele Lappen zerfällt. Der untere oder hintere Abschnitt des Nachnierenganges bleibt ein einfacher Canal, erweitert sich und bildet so den bleibenden Harnleiter (*Ureter*). Anfangs mündet dieser Canal noch vereint mit dem letzten Abschnitt des Urnierenganges in die Kloake ein, später getrennt von demselben, und zuletzt getrennt vom Mastdarm in die bleibende Harnblase (*Vesica urinaria*). Diese letztere entsteht aus dem hintersten oder untersten Theile des Allantois-Stieles (*Urachus*), der sich vor der Einmündung in die Kloake spindelförmig erweitert. Der vordere oder obere Theil des Allantois-Stieles, der in der Bauchhöhle des Embryo zum Nabel verläuft, verwächst später und es bleibt nur ein unnützer strangförmiger Rest desselben als rudimentäres Organ bestehen: das ist das „unpaare Harnblasen-Nabelband“ (*Ligamentum vesico-umbilicale medium*). Rechts und links von demselben verlaufen beim erwachsenen Menschen ein paar andere rudimentäre Organe: die seitlichen Harnblasen-Nabelbänder (*Ligamenta vesico-umbilicalia lateralia*). Das sind die verödeten strangförmigen Reste der früheren Nabel-Arterien (*Arteriae umbilicales*, S. 285; Fig. 207 *a.*)

Während beim Menschen, wie bei allen anderen Amnionthieren, die Urnieren dergestalt schon frühzeitig durch die secundären Nieren verdrängt werden, und die letzteren später allein als Harnorgane fungiren, gehen doch keineswegs alle Theile der ersteren verloren. Vielmehr erlangen die Urnierengänge eine grosse physiologische Bedeutung dadurch, dass sie sich in die Ausführgänge der Geschlechtsdrüsen verwandeln. Bei allen Amphirhinen oder Gnathostomen — also bei allen Wirbelthieren von den Fischen aufwärts bis zum Menschen — entsteht nämlich schon sehr früh beim Embryo neben dem Urnierengange jederseits ein zweiter ähnlicher Canal. Gewöhnlich wird dieser letztere nach seinem Entdecker JOHANNES MÜLLER als Müller'scher Gang (*Ductus Mülleri*), der erstere im Gegensatz dazu als Wolff'scher Gang (*Ductus Wolffii*) bezeichnet. Der erste Ursprung des Müller'schen Ganges ist noch sehr dunkel; doch scheint die vergleichende Anatomie zu lehren, dass er durch Abspaltung oder Differenzirung entweder aus dem Wolff'schen Gange selbst oder aus dessen nächster Umgebung hervorgeht. Andere Beobachter geben ihm freilich einen ganz anderen Ursprung. Vielleicht

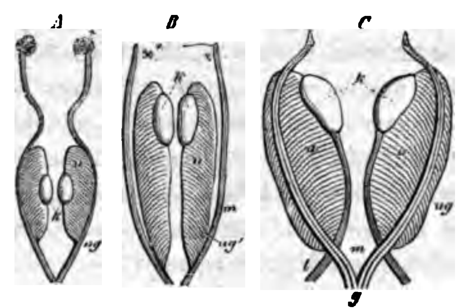


Fig. 205.

wird es am richtigsten sein, zu sagen: „der ursprüngliche (primäre) Urnierengang zerfällt durch Differenzirung (oder Spaltung) in zwei secundäre Urnierengänge: den Wolff'schen und den Müller'schen Gang." Der letztere (Fig. 204 *w*) liegt unmittelbar an der Innenseite des ersteren (Fig. 204 *m*). Beide münden hinten in die Kloake.

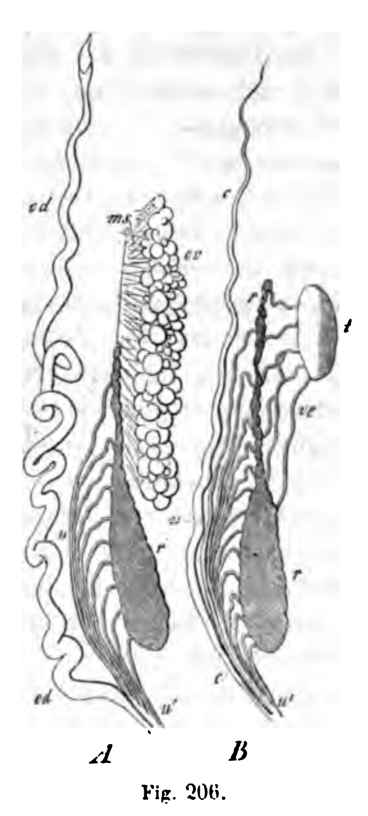


Fig. 206.

So unklar und unsicher die erste Entstehung des Müller'schen und des Wolff'schen Ganges, so klar und sicher gestellt ist ihr späteres Verhalten. Es verwandelt sich nämlich bei allen paarnasigen und kiefermündigen Wirbelthieren, von den Urfischen bis zum Menschen aufwärts, der Wolff'sche Gang in den Samenleiter und der Müller'sche Gang in den Eileiter. Bei beiden Geschlechtern sind beide Canäle angelegt; aber bei jedem Geschlechte bleibt nur einer derselben bestehen; der andere verschwindet ganz, oder nur Reste desselben bleiben als rudimentäre Organe übrig. Beim männlichen Geschlechte, wo sich die beiden Wolff'schen Gänge zu Spermaducten ausbilden, findet man oft Rudimente der Müller'schen Gänge, die wir als „Rathke'sche Canäle"

Fig. 205. Urnieren und Anlagen der Geschlechtsorgane. *A* und *B* von Amphibien (Froschlarven): *A* früherer, *B* späterer Zustand; *C* von einem Säugethier (Rinds-Embryo). *u* Urniere. *k* Keimdrüse (Anlage des Hodens und Eierstocks). Der primäre Urnierengang (*ug* in Fig. *A*) sondert sich (in *B* und *C*) in die beiden secundären Urnierengänge: Müller'scher Gang (*m*) und Wolff'scher Gang (*ug'*), beide

bezeichnen wollen (Fig. 206 *Bc*). Beim weiblichen Geschlechte, wo umgekehrt die beiden Müller'schen Gänge sich zu den Oviducten



Fig. 207.

ausbilden, bleiben Reste der Wolff'schen Gänge bestehen, welche den Namen der „Gartner'schen Canäle" führen.

Die interessantesten Aufschlüsse über diese merkwürdige Entwickelung der Urnierengänge und ihre Vereinigung mit den Ge-

---

hinten im Genitalstrang (*g*) sich vereinigend. *l* Leistenband der Urniere. Nach Gegenbaur.

Fig. 206. Harnorgane und Geschlechtsorgane eines Amphibiums (Wassermolch oder Triton, S. 448). *A* von einem Weibchen. *B* von einem Männchen. *r* Urniere. *ov* Eierstock. *od* Eileiter und *c* Rathke'scher Gang, beide aus dem Müller'schen Gang entstanden. *u* Urharnleiter (beim Männchen zugleich als Samenleiter [*ve*] fungirend), unten in den Wolff'schen Gang (*u'*) einmündend. *ms* Eierstocks-Gekröse (Mesovarium). Nach Gegenbaur.

Fig. 207. Harnorgane und Geschlechtsorgane von Rinds-Embryonen. 1. Von einem 1½ Zoll langen weiblichen Embryo; 2. von einem 2½ Zoll langen männlichen Embryo; 3. von einem 2½ Zoll langen weiblichen Embryo. *w* Urniere. *wg* Wolff'scher Gang. *m* Müller'scher Gang. *m'* oberes Ende desselben (bei *t* geöffnet). *i* unterer verdickter Theil desselben (Anlage des Uterus). *g* Genitalstrang. *h* Hoden (*h'* unteres und *h''* oberes Hodenband). *o* Eierstock. *o'* unteres Eierstocksband. *i* Leistenband der Urniere. *d* Zwerchfellband der Urniere. *nn* Nebennieren. *n* bleibende Nieren; darunter die Sförmigen Harnleiter, zwischen beiden der Mastdarm. *v* Harnblase. *a* Nabelarterie. Nach Kölliker.

schlechtsdrüsen liefern uns die **Amphibien** (Fig. 205 *AB*, 206). Die erste Anlage der Urnierengänge und ihre Differenzirung in Müller'sche und Wolff'sche Gänge ist hier bei beiden Geschlechtern ganz gleich, ebenso wie bei den Embryonen der Säugethiere (Fig. 205 *C*, 207). Bei den weiblichen Amphibien entwickelt sich der Müller'sche Gang jederseits zu einem mächtigen Eileiter (Fig. 205 *A*, *od*), während der Wolff'sche Gang zeitlebens als Harnleiter fungirt (*u*). Bei den männlichen Amphibien besteht hingegen der Müller'sche Gang nur noch als rudimentäres Organ, ohne jede functionelle Bedeutung als Rathke'scher Canal (Fig. 206 *B*, *c*); der Wolff'sche Gang dient hier zwar auch als Harnleiter, aber gleichzeitig als Samenleiter, indem die aus dem Hoden (*t*) austretenden Samencanälchen (*re*) in den oberen Theil der Urniere eintreten und sich hier mit den Harncanälen vereinigen.

Bei den **Säugethieren** werden diese bei den Amphibien bleibenden Zustände vom Embryo in einer frühen Entwickelungs-Periode rasch durchlaufen (Fig. 205 *C*). An die Stelle der Urniere, die bei den amnionlosen Wirbelthieren zeitlebens das harnabscheidende Organ ist, tritt hier die secundäre Niere. Die eigentliche Urniere selbst verschwindet grösstentheils schon frühzeitig beim Embryo und es bleiben nur kleine Reste von derselben übrig. Beim männlichen Säugethiere entwickelt sich aus dem obersten Theile der Urniere der **Nebenhoden** (*Epididymis*); beim weiblichen Geschlechte entsteht aus demselben Theile ein unnützes rudimentäres Organ, der **Nebeneierstock** (*Parovarium*).

Sehr wichtige Veränderungen erleiden beim weiblichen Säugethiere die **Müller'schen Gänge**. Nur aus ihrem oberen Theile entstehen die eigentlichen Eileiter; der untere Theil erweitert sich zu einem spindelförmigen Schlauch mit dicker, fleischiger Wand, in welchem sich das befruchtete Ei zum Embryo entwickelt. Dieser Schlauch ist der **Fruchtbehälter** oder die Gebärmutter (*Uterus*). Anfangs sind die beiden Fruchtbehälter völlig getrennt und münden beiderseits der Harnblase in die Kloake ein, wie es bei den niedersten Säugethieren der Gegenwart, bei den Schnabelthieren (S. 464), noch heute fortdauernd der Fall ist. Aber schon bei den Beutelthieren tritt eine Verbindung der beiderseitigen Müller'schen Gänge ein, und bei den Placentalthieren verschmelzen dieselben unten mit den rudimentären Wolff'schen Gängen zusammen in einen unpaaren

„Geschlechtsstrang“ (*Funiculus genitalis*). Die ursprüngliche Selbstständigkeit der beiden Fruchtbehälter und der aus ihren unteren Enden hervorgehenden Scheidencanäle bleibt aber auch noch bei vielen niederen Placentalthieren bestehen, während bei den höheren sich stufenweise ihre fortschreitende Verschmelzung zu einem einzigen unpaaren Organe verfolgen lässt. Von unten (oder hinten) her schreitet die Verwachsung nach oben (oder vorn) hin immer weiter. Während bei vielen Nagethieren (z. B. Hasen und Eichhörnchen) noch zwei getrennte Uteri in den bereits unpaar gewordenen, einfachen Scheidencanal einmünden, sind bei anderen Nagethieren, sowie bei den Raubthieren, Walfischen und Hufthieren, die unteren Hälften beider Uteri schon in ein unpaares Stück verschmolzen, die oberen Hälften (die sogenannten „Hörner“) noch getrennt („zweihörniger Fruchtbehälter“, *Uterus bicornis*). Bei den Fledermäusen und Halbaffen werden die oberen „Hörner“ schon sehr kurz, während sich das gemeinsame untere Stück verlängert. Bei den Affen endlich wird, wie beim Menschen, die Verschmelzung beider Hälften vollständig, so dass nur eine einzige, einfache, birnförmige Uterus-Tasche existirt, in welche jederseits der Eileiter einmündet.

Auch bei den männlichen Säugethieren tritt dieselbe Verschmelzung der Müller'schen und Wolff'schen Gänge im unteren Theile ein. Auch hier bilden dieselben einen unpaaren „Geschlechtsstrang“ (Fig. 207 *g*), und dieser mündet ebenso in die ursprüngliche „Harngeschlechtshöhle“ (den *Sinus urogenitalis*), welche aus dem untersten Abschnitte der Harnblase (Fig. 207 *v*) entsteht. Während aber beim männlichen Säugethiere die Wolff'schen Gänge sich zu den bleibenden Samenleitern entwickeln, bleiben von den Müller'schen Gängen nur unbedeutende Reste als rudimentäre Organe bestehen. Das merkwürdigste derselben ist der „männliche Fruchtbehälter“ (*Uterus masculinus*), der aus dem untersten, unpaaren, verschmolzenen Theile der Müller'schen Gänge entsteht und dem weiblichen Uterus homolog ist. Er bildet ein kleines flaschenförmiges Bläschen ohne jede physiologische Bedeutung, welches zwischen beiden Samenleitern und Prostatalappen in die Harnröhre mündet (*Vesicula prostatica*).

Sehr eigenthümliche Veränderungen erleiden die inneren Geschlechtsorgane bei den Säugethieren bezüglich ihrer Lagerung. Ursprünglich liegen die Keimdrüsen bei beiden Geschlechtern ganz innen tief in der Bauchhöhle, am inneren Rande der Urnieren

(Fig. 204 *g*, 207) an der Wirbelsäule durch ein kurzes Gekröse befestigt (*Mesorchium* beim Manne, *Mesovarium* beim Weibe). Aber nur bei den Monotremen bleibt diese ursprüngliche Lagerung der Keimdrüsen (wie bei den niederen Wirbelthieren) bestehen. Bei allen anderen Säugethieren (sowohl Marsupialien als Placentalien) verlassen dieselben ihre ursprüngliche Bildungsstätte und wandern

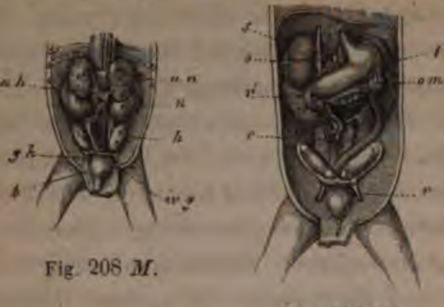


Fig. 208 *M*. Fig. 208 *W*.

mehr oder weniger weit nach unten (oder hinten) hinab, der Richtung eines Bandes folgend, welches von der Urniere zur Leistengegend der Bauchwand geht. Dieses Band ist das „Leistenband der Urniere“, beim Manne als „Huntersches Leitband“ (Fig. 208 *M*, *gh*), beim Weibe als „Rundes Mutterband“ (Fig. 208 *W*, *r*) bezeichnet. Bei letzterem wandern die Eierstöcke mehr oder weniger weit gegen das kleine Becken hin oder treten ganz in dasselbe hinein. Bei ersterem wandert der Hoden sogar aus der Bauchhöhle heraus und tritt durch den Leistencanal in eine sackförmig erweiterte Falte der äusseren Hautdecke hinein. Indem rechte und linke Falte („Geschlechtsfalte“) verwachsen, entsteht der Hodensack (*Scrotum*). Die verschiedenen Säugethiere führen uns die verschiedenen Stadien dieser Wanderung vor Augen. Beim Elephanten und den Walfischen rücken die Hoden nur wenig herunter und bleiben unterhalb der Nieren liegen. Bei vielen Nagethieren und Raubthieren treten sie in den Leistencanal hinein. Bei den meisten höheren Säugethieren wandern sie durch diesen hindurch in den Hodensack hinab. Gewöhnlich verwächst der Leistencanal. Wenn derselbe aber offen bleibt, so können die Hoden pe-

Fig. 208. Ursprüngliche Lagerung der Geschlechtsdrüsen in der Bauchhöhle des menschlichen Embryo (von drei Monaten). Fig. 208 *M* Männchen (in natürlicher Grösse). *h* Hoden. *gh* Leitband des Hodens. *wg* Samenleiter. *b* Harnblase. *uh* Untere Hohlvene. *nn* Nebennieren. *n* Nieren. Fig. 208 *W* Weibchen etwas vergrössert. *r* rundes Mutterband (darunter die Harnblase, darüber die Eierstöcke). *r'* Niere. *s* Nebennieren. *c* Blinddarm. *o* kleines Netz. *om* grosses Netz (zwischen beiden der Magen). *l* Milz. Nach Kölliker.

riodisch (zur Brunstzeit) in den Hodensack herabwandern und dann sich wieder in die Bauchhöhle zurückziehen (so bei vielen Beutelthieren, Nagethieren, Fledermäusen u. s. w.).

Den Säugethieren eigenthümlich ist ferner die Bildung der äusseren Geschlechts-Organe, die als „Begattungs-Organe oder Copulations-Organe" (*Copulativa*) die Uebertragung des befruchtenden Sperma vom männlichen auf den weiblichen Organismus bei dem Begattungs-Acte vermitteln. Den meisten niederen Wirbelthieren fehlen solche Organe ganz. Bei den im Wasser lebenden (z. B. bei den Acraniern, Cyclostomen und den meisten Fischen) werden Eier und Samen einfach in das Wasser entleert und hier bleibt ihre Begegnung dem günstigen Zufall überlassen, der die Befruchtung vermittelt. Hingegen erfolgt schon bei vielen Fischen und Amphibien, welche lebendige Junge gebären, eine directe Uebertragung des Samens vom männlichen auf den weiblichen Organismus und dasselbe ist bei allen Amnioten (Reptilien, Vögeln und Säugethieren) der Fall. Ueberall münden hier urspünglich die Harn- und Geschlechts-Organe in den untersten Abschnitt des Mastdarmes ein, der somit eine „Kloake" bildet (S. 621). Unter den Säugethieren bleibt diese aber nur bei den Schnabelthieren zeitlebens bestehen, die wir eben deshalb als „Kloakenthiere" (*Monotrema*) bezeichneten (S. 463). Bei allen übrigen Säugethieren entwickelt sich in der Kloake (beim menschlichen Embryo um die Mitte des dritten Monates) eine laterale Scheidewand, durch welche dieselbe in zwei getrennte Höhlen zerfällt. Die vordere Höhle nimmt den Harngeschlechts-Canal (*Sinus urogenitalis*) auf und vermittelt allein die Ausführung des Harns und der Geschlechts-Producte, während die dahinter gelegene „Afterhöhle" bloss die Excremente durch den After ausführt. Schon bevor diese Scheidung bei den Beutelthieren und Placentalthieren eingetreten ist, erhebt sich am vorderen Umfang der Kloakenöffnung ein kegelförmiges Wärzchen, der Geschlechtshöcker (*Phallus*, Fig. 209 *Ae*, *Be*). An der Spitze ist derselbe kolbig angeschwollen („Eichel", *Glans*). An seiner unteren Seite zeigt sich eine Rinne, die Geschlechtsfurche (*Sulcus genitalis*, *f*) und beiderseits derselben eine Hautfalte, die „Geschlechtsfalte" (*hl*). Der Geschlechtshöcker oder Phallus ist das vorzüglichste Organ des „Geschlechtssinnes" und auf ihm breiten sich die Geschlechts-Nerven (*Nervi pudendi*) aus, welche vorzugsweise die specifischen Geschlechts-Empfindungen

vermitteln (S. 538). Beim Manne entwickelt sich derselbe zur männlichen „Ruthe“ *(Penis*, Fig. 209 *De)*; beim Weibe zu dem viel kleineren „Kitzler“ *(Clitoris*, Fig. 209 *Ce)*, der nur bei einigen Affen *(Ateles)* ungewöhnlich gross wird. Auch eine „Vorhaut“ *(Praeputium)* entwickelt sich als Hautfalte am vorderen Umfang des Phallus bei beiden Geschlechtern. Die Geschlechtsfurche an der Unterseite des Phallus nimmt beim Manne die Mündung des Harngeschlechts-Canals auf und verwandelt sich als Fortsetzung desselben durch Verwachsung ihrer beiden parallelen Ränder in einen geschlossenen Canal, die männliche Harnröhre *(Urethra)*. Beim Weibe geschieht dasselbe nur in wenigen Fällen (bei einigen Halbaffen, Nagethieren und Maulwürfen); gewöhnlich bleibt die Geschlechtsrinne hier offen und ihre Ränder entwickeln sich zu den kleinen Schamlippen. Die grossen Schamlippen des Weibes entwickeln sich aus den beiden parallelen Hautfalten, welche beiderseits der Geschlechtsfurche auftreten. Beim Manne verwachsen diese letzteren zu dem geschlossenen unpaaren „Hodensack“ *(Scrotum)*. Bisweilen tritt diese Verwachsung nicht ein und auch die Geschlechtsfurche kann offen bleiben *(Hypospadia)*. In diesen Fällen gleichen die äusseren männlichen Genitalien den weiblichen, und solche Fälle sind oft irrthümlich als Zwitterbildung angesehen worden (falscher Hermaphroditismus)[141].

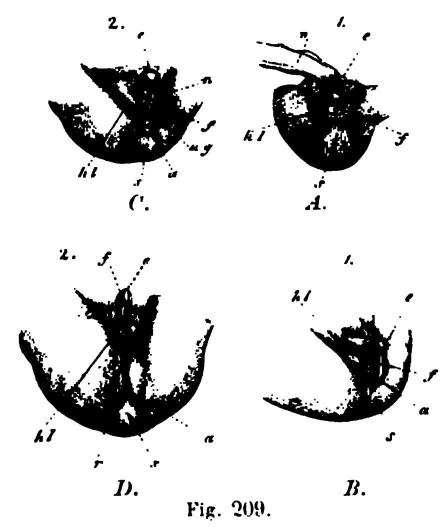


Fig. 209.

Fig. 209. Die äusseren Geschlechts-Organe des menschlichen Embryo. *A.* Neutraler Keim aus der achten Woche (2mal vergrössert: noch mit Kloake). *B.* Neutraler Keim aus der neunten Woche (2mal vergrössert: After von der Urogenitalöffnung getrennt). *C.* Weiblicher Keim aus der elften Woche. *D.* Männlicher Keim aus der vierzehnten Woche. *e* Geschlechtshöcker (Phallus). *f* Geschlechtsfurche. *hl* Geschlechtsfalten. *r* Raphe (Naht des Penis und Scrotum). *a* After. *ug* Harngeschlechtsöffnung. *n* Nabelstrang. *s* Schwanz. (Nach Ecker. Vergl. die XXXVI. Tabelle, S. 686.

Von diesen und anderen Fällen der „falschen Zwitterbildung" sind die viel selteneren Fälle des „wahren Hermaphroditismus" wohl zu unterscheiden. Dieser ist nur dann vorhanden, wenn die wesentlichsten Fortpflanzungsorgane, die beiderlei Keimdrüsen, in einer Person vereinigt sind. Entweder ist dann rechts ein Eierstock, links ein Hoden entwickelt (oder umgekehrt); oder es sind auf beiden Seiten Hoden und Eierstöcke, die einen mehr, die andern weniger entwickelt. Da wir vorher gesehen haben, dass die ursprüngliche Geschlechts-Anlage bei allen Wirbelthieren wirklich hermaphroditisch ist, und nur durch einseitige Ausbildung der zwitterigen Anlage die Geschlechtstrennung entsteht, so bieten diese merkwürdigen Fälle keine theoretischen Schwierigkeiten dar. Sie kommen aber beim Menschen und den höheren Wirbelthieren nur selten vor. Hingegen finden wir den ursprünglichen Hermaphroditismus bei einigen niederen Wirbelthieren constant vor, so bei manchen barschartigen Fischen (*Serranus*) und bei einzelnen Amphibien (Unken, Kröten). Hier hat gewöhnlich das Männchen am oberen Ende des Hodens einen rudimentären Eierstock; hingegen besitzt das Weibchen bisweilen einen rudimentären, nicht functionirenden Hoden. Auch bei den Karpfen und einigen anderen Fischen kommt dies gelegentlich vor. Wie sich in den Ausführgängen bei den Amphibien die ursprüngliche Zwitterbildung erhält, haben wir schon vorher gesehen.

Der Mensch zeigt uns in der Keimesgeschichte seiner Harn- und Geschlechts-Organe noch heute die Grundzüge ihrer Stammesgeschichte getreulich erhalten. Schritt für Schritt können wir die fortschreitende Ausbildung derselben beim menschlichen Embryo in derselben Stufenleiter verfolgen, welche uns die Vergleichung der Urogenitalien bei den Acraniern, Cyclostomen, Fischen, Amphibien, und sodann weiter in der Reihe der Säugethiere, bei den Kloakenthieren, Beutelthieren und den verschiedenen Placentalthieren neben einander vor Augen führt. (Vergl die XXXV. Tabelle.) Alle Eigenthümlichkeiten in der Urogenital-Bildung, durch welche sich die Säugethiere von den übrigen Wirbelthieren unterscheiden, besitzt auch der Mensch: und in allen speciellen Bildungs-Verhältnissen gleicht er den Affen und am meisten den anthropoiden Affen. Als Beweis dafür, wie die speciellen Eigenthümlichkeiten der Säugethiere sich auch auf den Menschen vererbt haben, will ich schliesslich nur noch die übereinstimmende Art und Weise anführen, auf welche sich die

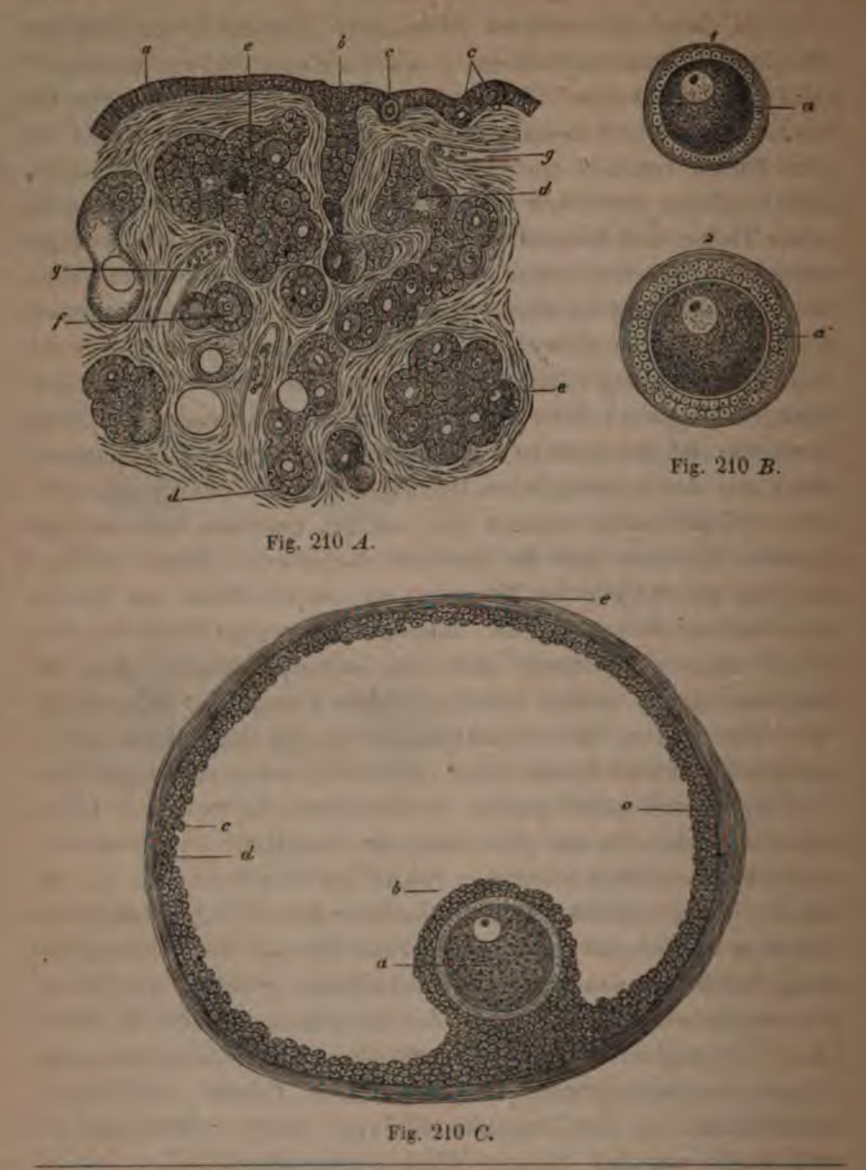


Fig. 210 *A*.

Fig. 210 *B*.

Fig. 210 *C*.

Fig. 210. **Entstehung der Eier des Menschen im Eierstock des Weibes.** — 210 *A*. **Senkrechter Durchschnitt durch den Eierstock** eines neugeborenen Mädchens. *a* Eierstocks-Epithel. *b* Anlage eines Eierstranges. *c* junge Eier im Epithel. *d* Langer Eierstrang mit Follikelbildung. *e* Gruppe von jungen Follikeln. *f* Einzelne junge Follikel. *g* Blutgefässe im Bindegewebe (Stroma) des Eierstockes.

Eier im Eierstock ausbilden. Die reifen Eier finden sich bei allen Säugethieren nämlich in besonderen Bläschen, die man nach ihrem Entdecker REGNER DE GRAAF (1677) die „Graaf'schen Follikel" nennt und früher für die Eier selbst hielt (S. 45). Jeder Follikel (Fig. 210 *C*) besteht aus einer runden faserigen Kapsel, welche Flüssigkeit enthält und mit einer mehrfachen Zellenschicht ausgekleidet ist. An einer Stelle ist diese Zellenschicht knopfartig verdickt (*Cb*) und umschliesst hier das eigentliche Ei (*Ca*). Wie diese Follikel entstehen, ist erst vor wenigen Jahren von PFLÜGER [139]) entdeckt und dann durch EDUARD VAN BENEDEN [140]) und WALDEYER [139]) genauer festgestellt worden. Der Eierstock der Säugethiere ist ursprünglich ein ganz einfaches länglich rundes Körperchen (Fig. 204 *g*), bloss aus Bindegewebe und Blutgefässen gebildet, von einer Zellenschicht überzogen, dem „Eierstocks-Epithel" oder weiblichen Keim-Epithel. Von diesem Epithel aus wachsen Zellenstränge nach innen in das Bindegewebe oder „Stroma" des Eierstocks hinein (*Ab*). Einzelne von den Zellen dieser Stränge vergrössern sich und werden zu Eizellen (Ur-Eiern, *Ac*); die grosse Mehrzahl der Zellen aber bleibt klein und bildet um jedes Ei herum eine umhüllende und ernährende Zellenschicht, das „Follikel-Epithel", anfangs einschichtig (Fig. 210 B_1), später mehrschichtig (B_2). Allerdings sind auch bei allen anderen Schädelthieren die Eizellen von einer aus kleineren Zellen bestehenden Hülle, einem „Eifollikel", umschlossen. Aber nur bei den Säugethieren sammelt sich zwischen den wuchernden Follikel-Zellen Flüssigkeit an und dehnt dadurch den Follikel zu einem Bläschen aus, an dessen Wand innen das Ei excentrisch liegt. Der Mensch beweist auch hierdurch, wie durch seine ganze Morphologie, unzweifelhaft seine Abstammung von den Säugethieren.

In den Strängen zeichnen sich die jungen Ur-Eier durch beträchtliche Grösse vor den umgebenden Follikel-Zellen aus. (Nach WALDEYER.) — 210 *B*. Zwei junge Follikel isolirt; bei 1. bilden die Follikel-Zellen noch eine einfache, bei 2. bereits eine doppelte Zellenschicht um das junge Ur-Ei; bei 2. beginnen dieselben das primäre Chorion (*a*) oder die Zona pellucida (S. 106) zu bilden. — 210 *C*. Ein reifer Graaf'scher Follikel des Menschen. *a* das reife Ei. *b* die umschliessenden Follikel-Zellen („Keimhügel"). *c* die Epithelzellen des Follikels. *d* die Faserhaut des Follikels. *e* äussere Fläche desselben.

Fünfunddreissigste Tabelle.

Uebersicht über die wichtigsten Perioden in der Stammesgeschichte der menschlichen Harn- und Geschlechts-Organe[141].

XXXV A. Erster Hauptabschnitt: Geschlechtsorgane (G) und Harnorgane (U) bleiben getrennt.

(Sexual-System oder Genital-System (G) und Excretions-System oder Urinal-System (U) fungiren unabhängig.)

I. Erste Periode: **Gastraeaden-Sexualien und -Nieren.**

G. Einzelne zerstreute Zellen des Entoderms verwandeln sich in Eizellen, einzelne zerstreute Zellen des Exoderms in Spermazellen.

U. Besondere Harnorgane fehlen noch völlig. Die Ausscheidung erfolgt durch die Exodermzellen.

II. Zweite Periode: **Urwürmer-Sexualien und -Nieren.**

G. Die Eizellen des Entoderms sammeln sich in Gruppen (Eierstocksplatten); ebenso die Spermazellen des Exoderms (Hodenplatten).

U. Ein Paar einfache schlauchförmige Hautdrüsen (Producte des Hautsinnesblattes) entwickeln sich zu einfachsten Nierencanälen (Excretions-Organe der Plattwürmer).

III. Dritte Periode: **Scoleciden-Sexualien und -Nieren.**

G. Nach erfolgter Differenzirung der vier secundären Keimblätter wandern die Eizellen aus dem Hautsinnesblatte in das Hautfaserblatt; ebenso wandern die Spermazellen aus dem Darmdrüsenblatte in das Darmfaserblatt.

U. Nach erfolgter Bildung des Coeloms öffnen sich die blinden inneren Enden beider Nierencanäle (oder „Urnierengänge“) in die Leibeshöhle.

IV. Vierte Periode: **Chordonier-Sexualien und -Nieren.**

G. Indem die Eizellen-Gruppen (Ovarial-Platten) und die Spermazellen-Gruppen (Hoden-Platten) an der Grenze von Endocoelar („visceralem Darmfaserblatt des Coelom-Epithels“) und von Exocoelar („parietalem Hautfaserblatt des Coelom-Epithels“) zusammenstossen, bilden sie Zwitterdrüsen.

U. Die Urnierengänge differenziren sich in einen ausführenden und einen drüsigen Theil.

V. Fünfte Periode: **Acranier-Sexualien und -Nieren.**

G. Die Geschlechter werden getrennt. Beim Weibchen kommt bloss der Eierstock, beim Männchen bloss der Hoden zur Ausbildung.

U. Die Urnierengänge bleiben einfach (bei Amphioxus rückgebildet).

VI. Sechste Periode: **Cyclostomen-Sexualien und -Nieren.**

G. Jedes Ei wird von einem Ei-Follikel umschlossen (einer einfachen Zellenschicht des Coelom-Epithels).

U. Die Urnierengänge treiben seitliche Sprossen, welche Gefässknäuel aufnehmen (halbgefiederte Urnieren von Bdellostoma).

XXXV B. **Zweiter Hauptabschnitt: Geschlechtsorgane (G) und Harnorgane (U) werden vereinigt.**

(Sexual-System und Excretions-System sind zum „Urogenital-System" verschmolzen.)

VII. Siebente Periode: **Urfisch-Urogenitalien.**

Der primäre Urnierengang differenzirt sich jederseits in zwei secundäre Canäle: den Wolff'schen Gang, der sich zum Samenleiter, und den Müller'schen Gang, der sich zum Eileiter entwickelt. Beide Geschlechtsleiter münden ursprünglich hinter dem After (Proselachier).

VIII. Achte Periode: **Dipneusten-Urogenitalien.**

Durch Vereinigung der Urogenital-Mündung und der Afterhöhle entsteht eine Kloake. Aus der Vorderwand des Mastdarms wächst die unpaare Harnblase hervor (Lepidosiren).

IX. Neunte Periode: **Amphibien-Urogenitalien.**

Aus dem obersten Theile der sich rückbildenden Urniere entsteht beim männlichen Geschlechte der Nebenhoden, beim weiblichen Geschlechte der Nebeneierstock. Der Wolff'sche Gang fungirt bei beiden Geschlechtern noch als Harnleiter, beim männlichen zugleich als Samenleiter. Der Müller'sche Gang fungirt beim weiblichen Geschlecht als Eileiter; beim männlichen ist er rudimentäres Organ (Rathke'scher Gang).

X. Zehnte Periode: **Protamnien-Urogenitalien.**

An Stelle der rückgebildeten Urniere tritt als Harnorgan die bleibende secundäre Niere. Die Harnblase wächst aus der Bauchöffnung des Embryo hervor und bildet die Allantois. Aus der Vorderwand der Kloake wächst der Geschlechtshöcker (Phallus) hervor, der sich beim Männchen zum Penis, beim Weibchen zur Clitoris entwickelt.

XI. Elfte Periode: **Monotremen-Urogenitalien.**

Das untere Ende des Eileiters erweitert sich jederseits zu einem musculösen Fruchtbehälter (Uterus).

XII. Zwölfte Periode: **Beutelthier-Urogenitalien.**

Die Kloake zerfällt durch eine Scheidewand in vordere Harngeschlechtsöffnung (Apertura urogenitalis) und hintere Afteröffnung (Anus). Aus dem unteren Theile des Uterus geht jederseits ein Scheidencanal hervor. Die Eierstöcke und Hoden beginnen von ihrer ursprünglichen Bildungsstätte herabzuwandern.

XIII. Dreizehnte Periode: **Halbaffen-Urogenitalien.**

Müller'sche Gänge und Wolff'sche Gänge verwachsen unten zum Geschlechtsstrange. Durch Verwachsung der beiden Fruchtbehälter im unteren Theile entsteht der Uterus bicornis. Ein Theil der Allantois verwandelt sich in die Placenta.

XIV. Vierzehnte Periode: **Affen-Urogenitalien.**

Die beiden Fruchtbehälter verwachsen in ihrer ganzen Länge zu einem einfachen birnförmigen Uterus, wie beim Menschen.

Sechsunddreissigste Tabelle.

Uebersicht über die Homologien der Geschlechts-Organe in beiden Geschlechtern der Säugethiere.

XXXVI A. Homologien der inneren Geschlechts-Organe.

G. Gemeinsame Anlage der inneren Geschlechts-Organe	M. Innere männliche Theile	W. Innere weibliche Theile
1. Männliche Keimdrüse (Hodenplatte beim Embryo, Product des Hautblattes?)	1. Hoden (*Testis* oder *Orchis*)	1. (Hodenanlage verschwindet, bleibt bei einigen Amphibien
2. Weibliche Keimdrüse (Eierstocksplatte, Product des Darmblattes?	2. (Eierstocks-Anlage verschwindet, bleibt bei einigen Amphibien	2. Eierstock (*Ovarium* oder *Oophoron*)
3. Wolff'scher Gang (Lateraler Urnierengang)	3. Samenleiter (*Spermaductus*)	3. Gartner'scher Gang (Rudimentärer Canal)
4 a. Müller'scher Gang (Medialer Urnierengang)	4 a. Rathke'scher Gang (Rudimentärer Canal bei den Amphibien)	4 a. Eileiter (*Oviductus* oder *Tuba Fallopiae*)
4 b. Oberster Theil des Müller'schen Ganges	4 b. Hydatis Morgagni	4 b. Hydatis Fallopiae
4 c. Unterster Theil des Müller'schen Ganges	4 c. Uterus masculinus (*Vesicula prostatica*)	4 c. Uterus, Vagina (Gebärmutter, Scheide)
5. Ueberreste der Urniere (*Protonephron, Corpus Wolffii*)	5. Nebenhoden (*Epididymis*)	5. Nebeneierstock (*Parovarium*)
6. Leistenband der Urniere (*Ligamentum protonephro-inguinale*)	6. Hunter'sches Leitband (*Gubernaculum Hunteri*)	6. Rundes Mutterband (*Ligamentum uteri rotundum*)
7. Geschlechts-Gekröse (*Mesenterium sexuale*)	7. Hoden-Gekröse (*Mesorchium*)	7. Eierstocks-Gekröse (*Mesovarium*)

XXXVI B. Homologien der äusseren Geschlechts-Organe.

G. Gemeinsame Anlage der äusseren Geschlechts-Organe	M. Aeussere männliche Theile	W. Aeussere weibliche Theile
8. Geschlechtshöcker (*Phallus*)	8. Ruthe (*Penis*)	8. Kitzler (*Clitoris*)
9. Vorhaut (*Praeputium*)	9. Männliche Vorhaut (*Praeputium penis*)	9. Weibliche Vorhaut (*Praeputium clitoridis*)
10. Geschlechtsfalten (*Plicae genitales*)	10. Hodensack (*Scrotum*)	10. Grosse Schamlippen (*Labia pudendi majora*)
11. Spalte zwischen beiden Geschlechtsfalten	11. (Naht des Hodensackes, *Raphe scroti*)	11. Weibliche Schamspalte (*Vulva*)
12. Geschlechtsleisten (Ränder der Geschlechtsfurche)	12. Die Ränder der Geschlechtsfurche verwachsen.	12. Kleine Schamlippen (*Labia pudendi minora*)
13. Harngeschlechts-Canal (*Sinus urogenitalis*)	13. Harnröhre (*Urethra*)	13. Scheidenvorhof (*Vestibulum vaginae*)
14. Anhangsdrüsen des Harngeschlechts-Canals	14. Cowper'sche Drüsen	14. Bartholinische Drüsen

Sechsundzwanzigster Vortrag.

Resultate der Anthropogenie.

„Die Descendenz-Theorie ist ein allgemeines Inductions-Gesetz, welches sich aus der vergleichenden Synthese aller organischen Naturerscheinungen und insbesondere aus der dreifachen Parallele der phylogenetischen, ontogenetischen und systematischen Entwickelung mit absoluter Nothwendigkeit ergiebt. Der Satz, dass der Mensch sich aus niederen Wirbelthieren, und zwar zunächst aus echten Affen entwickelt hat, ist ein specieller Deductions-Schluss, welcher sich aus dem generellen Inductions-Gesetz der Descendenz-Theorie mit absoluter Nothwendigkeit ergiebt. Diesen Stand der Frage „von der Stellung des Menschen in der Natur“ glauben wir nicht genug hervorheben zu können. Wenn überhaupt die Descendenz-Theorie richtig ist, so ist die Theorie von der Entwickelung des Menschen aus niederen Wirbelthieren weiter Nichts, als ein unvermeidlicher einzelner Deductions-Schluss aus jenem allgemeinen Inductions-Gesetz. Es können daher auch alle weiteren Entdeckungen, welche in Zukunft unsere Kenntnisse über die phyletische Entwickelung des Menschen noch bereichern werden, Nichts weiter sein, als specielle Verificationen jener Deduction, die auf der breitesten inductiven Basis ruht.“

Generelle Morphologie (1866).

Inhalt des sechsundzwanzigsten Vortrages.

Rückblick auf den zurückgelegten Weg der Keimesgeschichte. Deutung der letzteren durch das biogenetische Grundgesetz. Ihre causale Beziehung zur Stammesgeschichte. Die rudimentären Organe des Menschen. Dysteleologie oder Unzweckmässigkeits-Lehre. Erbstücke von den Affen. Stellung des Menschen im natürlichen System des Thierreichs. Der Mensch als Wirbelthier und Säugethier. Specielle Stammverwandtschaft des Menschen und Affen. Die Zeugnisse der Affenfrage. Die Catarhinen und Platyrhinen. Der göttliche Ursprung des Menschen. Adam und Eva. Entwickelungsgeschichte der Seele. Bedeutende Seelenunterschiede innerhalb einer einzigen Thierklasse. Säugethier-Seelen und Insecten-Seelen. Ameisen-Seele und Schildlaus-Seele. Menschen-Seele und Affen-Seele. Organ der Seelenthätigkeit: Centralnervensystem. Ontogenie und Phylogenie der Seele. Monistische und dualistische Seelen-Theorie. Vererbung der Seele. Bedeutung des biogenetischen Grundgesetzes für die Pyschologie. Bedeutung der Anthropogenie für den Sieg der monistischen und den Untergang der dualistischen Philosophie. Natur und Geist. Naturwissenschaft und Geisteswissenschaft. Reform der Weltanschauung durch die Anthropogenie.

XXVI.

Meine Herren!

Nachdem wir nunmehr das wunderbare Gebiet der menschlichen Entwickelungsgeschichte durchwandert und die wichtigsten Theile desselben kennen gelernt haben, ist es wohl angemessen, jetzt am Schlusse unserer Wanderung den zurückgelegten Weg zu überblicken, und anderseits einen Blick auf den weiteren Pfad der Erkenntniss zu werfen, zu welchem uns dieser Weg in Zukunft führen wird. Wir sind ausgegangen von den einfachsten Thatsachen der Ontogenie oder der individuellen Entwickelungsgeschichte des Menschen; Thatsachen, welche wir in jedem Augenblicke mittelst mikroskopischer oder anatomischer Untersuchung festzustellen und vorzuzeigen im Stande sind. Von diesen ontogenetischen Thatsachen ist die erste und wichtigste, dass jeder Mensch, wie jedes andere Thier, im Beginne seiner individuellen Existenz eine einfache Zelle ist. Diese Eizelle zeigt genau dieselbe Formbeschaffenheit und Entstehungsweise, wie jedes andere Säugethier-Ei. Aus derselben entwickelt sich durch wiederholte Theilung ein vielzelliger Körper, dessen Bestandtheile, die einzelnen Zellen der Gesellschaft, anfangs gleichartig sind (Maulbeerkugel oder Morula). Durch Ansammlung von Flüssigkeit im Inneren entsteht daraus die kugelige Keimhautblase (Blastosphaera). Die dünne Wand derselben besteht anfangs aus einer einzigen, später aus zwei verschiedenen Zellenschichten: und diese letzteren sind die beiden primären Keimblätter: Hautblatt (Exoderm) und Darmblatt (Entoderm). Die doppelblätterige Kugel, welche der menschliche Keim jetzt darstellt, ist die ontogenetische Wiederholung jener ausserordentlich wichtigen phylogenetischen Stammform aller Darmthiere, die wir mit dem Namen Gastraea bezeichnet haben. Das wird bewiesen durch die noch heute in den verschiedensten Thierstämmen wiederkehrende und auch noch beim Amphioxus

vorhandene Keimform der Gastrula, deren allgemeine Verbreitung wir nur durch die Gastraea-Theorie zu erklären im Stande sind. Indem wir die Keimesgeschichte der zweiblätterigen Keimform weiter verfolgten, sahen wir, dass zunächst aus den zwei ursprünglichen Keimblättern durch Spaltung vier secundäre Keimblätter hervorgehen. Diese haben beim Menschen genau dieselbe Zusammensetzung und genetische Bedeutung, wie bei allen anderen Wirbelthieren. Aus dem Hautsinnesblatte entwickelt sich die Oberhaut und das Central-Nervensystem, sowie wahrscheinlich das Nierensystem. Das Hautfaserblatt bildet die Lederhaut und die Bewegungs-Organe (Skelet und Muskelsystem). Aus dem Darmfaserblatt entsteht das Gefässsystem und die fleischige Darmwand. Das Darmdrüsenblatt endlich bildet bloss das Epithelium oder die innere Zellenschicht der Darmschleimhaut und der Darmdrüsen.

Die Art und Weise, wie diese verschiedenen Organsysteme aus den vier secundären Keimblättern entspringen, ist beim Menschen von Anfang an genau dieselbe, wie bei allen anderen Wirbelthieren. Bei der Keimesgeschichte jedes einzelnen Organes überzeugten wir uns davon, dass der menschliche Keim genau diejenige specielle Richtung der Differenzirung und Formbildung einschlägt, welche ausserdem nur bei den Wirbelthieren gefunden wird. Innerhalb dieses grossen Thierstammes haben wir dann Schritt für Schritt und Stufe für Stufe die weitere Ausbildung verfolgt, welche sowohl der ganze Körper als alle einzelnen Theile desselben erfahren. Diese höhere Ausbildung erfolgt beim Embryo des Menschen in derjenigen Form, welche nur den Säugethieren eigenthümlich ist. Endlich haben wir gesehen, dass selbst innerhalb dieser Klasse die verschiedenen phylogenetischen Entwickelungsstufen, welche das natürliche System der Säugethiere unterscheidet, durchaus den verschiedenen ontogenetischen Bildungsstufen entsprechen, welche der menschliche Embryo bei seiner weiteren Entwickelung durchläuft. Dadurch wurden wir in den Stand gesetzt, die Stellung des Menschen im Systeme dieser Klasse näher zu bestimmen und demgemäss sein Verwandtschafts-Verhältniss zu den verschiedenen Säugethier-Ordnungen festzustellen.

Der Weg der Schlussfolgerung, den wir bei der Deutung dieser ontogenetischen Thatsachen betraten, war einfach die consequente Ausführung des biogenetischen Grundgesetzes, jenes unendlich wichtigen Grundgesetzes der organischen Entwickelung, von dessen An-

erkennung überhaupt das ganze Verständniss der Entwickelungsgeschichte abhängt. Hier stehen wir an der Scheide, wo sich neue und alte Naturforschung, neue und alte Weltanschauung entschieden trennen. Die gesammten Ergebnisse der neueren morphologischen Forschung drängen uns mit unabwendbarer Gewalt zu der Anerkennung dieses biogenetischen Grundgesetzes und seiner weitreichenden Consequenzen. Freilich sind diese mit der hergebrachten mythologischen Weltanschauung und mit den mächtigen, in früher Jugend uns durch den theosophischen Schulunterricht eingeimpften Vorurtheilen unvereinbar. Aber ohne das biogenetische Grundgesetz, und ohne die Descendenz-Theorie, auf die wir dasselbe stützen, sind wir gar nicht im Stande, die Thatsachen der organischen Entwickelung überhaupt zu begreifen: ohne sie vermögen wir auch gar nicht den geringsten Schimmer einer Erklärung auf dieses ganze wunderbare Erscheinungs-Gebiet fallen zu lassen. Wenn wir aber die in jenem Gesetz enthaltene ursächliche Wechselbeziehung von Keimes- und Stammes-Entwickelung, den wahren Causalnexus der Ontogenesis und Phylogenesis anerkennen, dann erklären sich uns die wunderbaren Phänomene der Ontogenesis auf die einfachste Weise; dann erscheinen uns die Thatsachen der Keimes-Entwickelung nur als die nothwendigen mechanischen Wirkungen der Stammes-Entwickelung, bedingt durch die Gesetze der Vererbung und Anpassung. Die Wechselwirkung dieser Gesetze unter dem überall stattfindenden Einflusse des Kampfes um's Dasein, oder wie wir mit Darwin einfach sagen können: die natürliche Züchtung, ist vollkommen ausreichend, uns den ganzen Process der Keimesgeschichte durch die Stammesgeschichte zu erklären. Darin besteht ja eben das fundamentale Verdienst Darwin's, dass er uns durch die Erkenntniss der Wechselwirkung zwischen den Vererbungs- und Anpassungs-Erscheinungen den richtigen Weg zum causalen Verständniss der Entwickelungsgeschichte gebahnt hat.

Unter den zahlreichen und wichtigen Zeugnissen, die wir für die Wahrheit dieser Auffassung unserer Entwickelungsgeschichte gefunden haben, will ich hier nur nochmals die ganz besonders werthvollen Schöpfungs-Urkunden hervorheben, welche uns die „Dysteleologie“ oder „Unzweckmässigkeitslehre“, die Wissenschaft von den „rudimentären Organen“, liefert. Nicht oft und dringend genug kann man die hohe morphologische Bedeutung dieser merk-

würdigen Körpertheile betonen, welche in physiologischer Beziehung völlig werthlos und unnütz sind. In jedem Organsystem finden wir beim Menschen wie bei allen höheren Wirbelthieren solche werthlose uralte Erbstücke, die wir von unseren niederen Wirbelthier-Ahnen geerbt haben. So treffen wir zunächst auf unserer äusseren Hautbedeckung das spärliche rudimentäre Haarkleid an, welches nur noch am Kopfe, in den Achselhöhlen und an einigen anderen Körperstellen stärker entwickelt ist. Die kurzen Härchen auf dem grössten Theile unserer Körperoberfläche sind völlig nutzlos für uns, ohne jede physiologische Bedeutung; sie sind der letzte dürftige Ueberrest von dem viel stärker entwickelten Haarkleide unserer Affen-Ahnen (S. 512). Eine Reihe der merkwürdigsten rudimentären Organe bietet uns der Sinnesapparat dar. Wir haben gesehen, dass die ganze äussere Ohrmuschel mit ihren Knorpeln, Muskeln und Hauttheilen beim Menschen ein unnützes Anhängsel ist, ohne die physiologische Bedeutung, welche man ihr früher irrthümlicher Weise zugeschrieben hat. Sie ist der rückgebildete Rest von dem spitzen und frei beweglichen, viel höher entwickelten Säugethier-Ohr, dessen Muskeln wir zwar noch besitzen, aber nicht mehr gebrauchen können (S. 563). Wir fanden ferner am inneren Winkel unseres Auges die merkwürdige kleine halbmondförmige Falte, die für uns ohne jeglichen Nutzen und nur insofern von Interesse ist, als sie das letzte Ueberbleibsel der Nickhaut darstellt; jenes dritten inneren Augenlides, welches bei den Haifischen und vielen Amnionthieren noch heute eine grosse physiologische Bedeutung besitzt (S. 555). Zahlreiche und interessante dysteleologische Beweismittel liefert uns ferner der Bewegungs-Apparat, und zwar ebenso das Skelet als das Muskelsystem. Ich erinnere Sie nur an das frei vorstehende Schwänzchen des menschlichen Embryo und an die daraus entstehenden rudimentären Schwanzwirbel nebst den daran befindlichen Muskeln; ein für den Menschen völlig nutzloses Organ, aber von hohem Interesse als rückgebildeter Ueberrest des langen, aus zahlreichen Wirbeln und Muskeln bestehenden Schwanzes unserer älteren Affen-Ahnen. Von diesen haben wir auch verschiedene Knochenfortsätze und Muskeln geerbt, die ihnen bei ihrer kletternden Lebensweise auf Bäumen von grossem Nutzen waren, während sie bei uns ausser Gebrauch gekommen sind. Auch an verschiedenen Stellen unter der Haut besitzen wir Hautmuskeln, die wir nie gebrauchen: Ueberreste

eines mächtig entwickelten Hautmuskels unserer niederen Säugethier-Vorfahren. Dieser „Panniculus carnosus“ hatte die Aufgabe, die Haut zusammenzuziehen und zu runzeln, wie wir es noch täglich an den Pferden sehen, die dadurch die Fliegen verjagen. Ein noch bei uns thätiger Rest des grossen Hautmuskels ist der Stirnmuskel, mittelst dessen wir unsere Stirn runzeln, und die Augenbraunen heraufziehen: aber einen anderen ansehnlichen Ueberrest desselben, den grossen Hautmuskel des Halses (*Platysma myoides*) vermögen wir nicht mehr willkürlich zu bewegen.

Wie an diesen animalen Organsystemen unseres Körpers, so treffen wir auch an den vegetativen Apparaten eine Anzahl von rudimentären Organen an, die wir meistens schon gelegentlich kennen lernten. Ich erinnere Sie nur an die merkwürdige Schilddrüse (*Thyreoidea*), die Anlage des „Kropfes“ und den Ueberrest der Flimmerrinne, welche die Chordonier, Ascidien und Acranier unten am Kiemenkorbe besitzen (S. 302, 615 und 628); ferner an den Wurmfortsatz des Blinddarms (S. 87 und 620). Am Gefässsystem treffen wir eine Anzahl von nutzlosen Strängen an, welche die Ueberbleibsel von verödeten Gefässen darstellen, die früher als Blutcanäle thätig waren: so den „*Ductus Botalli*“ zwischen Lungenarterie und Aorta, den „*Ductus venosus Arantii*“ zwischen Pfortader und Hohlvene und viele andere. Von ganz besonderem Interesse aber sind die zahlreichen rudimentären Organe am Harn- und Geschlechts-Apparate (S. 686). Diese sind meistens beim einen Geschlechte entwickelt und nur beim anderen rudimentär. So bilden sich aus den Wolff'schen Gängen beim Manne die Samenleiter, während beim Weibe nur die Gartner'schen Canäle als Rudimente derselben spurweise fortdauern. Umgekehrt entwickeln sich aus den Müller'schen Gängen beim Weibe die Eileiter und der Fruchtbehälter, während beim Manne nur die untersten Enden derselben als nutzloser „männlicher Fruchtbehälter“ (*Vesicula prostatica*) übrig bleiben (S. 677). So besitzt auch der Mann noch in seinen Brustwarzen und Milchdrüsen die Rudimente von Organen, welche in der Regel nur beim Weibe in Function treten (S. 510).

Eine genauere anatomische Durchforschung des menschlichen Körpers würde uns so noch mit einer Anzahl anderer rudimentärer Organe bekannt machen, welche alle einzig und allein durch die Descendenz-Theorie zu erklären sind. Sie gehören zu den wichtigsten Zeugnissen für die Wahrheit der mechanischen Naturauffassung

und zu den niederschmetterndsten Gegenbeweisen gegen die hergebrachte teleologische Weltanschauung. Wenn der letzteren zufolge der Mensch, und wenn ebenso jeder andere Organismus von Anfang an zweckmässig für seinen Lebenszweck eingerichtet und durch einen Schöpfungs-Act in's Dasein gerufen wäre, so würde die Existenz dieser rudimentären Organe ein unbegreifliches Räthsel sein; es wäre durchaus nicht einzusehen, warum der Schöpfer seinen Geschöpfen auf ihrem ohnehin beschwerlichen Lebensweg auch noch dieses unnütze Gepäck aufgebürdet hätte. Hingegen können wir mittelst der Descendenz-Theorie die Existenz derselben in der einfachsten Weise erklären, indem wir sagen: Die rudimentären Organe sind Körpertheile, welche im Laufe der Jahrtausende allmählich ausser Dienst getreten sind: Organe, welche bei unseren thierischen Vorfahren bestimmte Functionen verrichteten, welche aber für uns selbst ihre physiologische Bedeutung verloren haben. Durch neu erworbene Anpassungen sind sie nutzlos geworden, werden aber trotzdem durch die Vererbung von Generation auf Generation übertragen und dabei nur langsam rückgebildet.

Wie diese „rudimentären Organe", so haben wir auch alle anderen Organe unseres Körpers von den Säugethieren und zwar zunächst von unseren Affen-Ahnen geerbt. Der menschliche Körper enthält nicht ein einziges Organ, welches nicht von den Affen geerbt ist. Wir können aber auch mittelst unseres biogenetischen Grundgesetzes den Ursprung unserer verschiedenen Organsysteme noch weiter, bis zu verschiedenen niederen Ahnen-Stufen hinab verfolgen. So können wir z. B. sagen, dass wir die ältesten Organe unseres Körpers, Oberhaut und Darmcanal, von den Gastraeaden geerbt haben, hingegen Nervensystem und Muskelsystem von den niederen Würmern (Archelminthen), das Gefässsytem, die Leibeshöhle und das Blut von den Coelomaten-Würmern (Scoleciden), die Chorda und den Kiemendarm von den Chordoniern, die differenzirten Sinnesorgane von den Cyclostomen, die Gliedmaassen und die Müller'schen Gänge von den Urfischen, und die äusseren Geschlechtsorgane von den Ursäugethieren. Als wir das „Gesetz des ontogenetischen Zusammenhanges der systematisch verwandten Formen" aufstellten und das relative Alter der Organe bestimmten, haben wir gesehen, wie wir derartige phylogenetische Schlüsse aus der ontogenetischen Succession der Organsysteme ziehen können (S. 261. 632).

Mit Hülfe dieses wichtigen Gesetzes und mit Hülfe der vergleichenden Anatomie waren wir ferner im Stande, die „Stellung des Menschen in der Natur" genau zu bestimmen, oder, wie wir auch sagen können, dem Menschen seinen Platz im System des Thierreichs anzuweisen. Man pflegt jetzt in den neueren zoologischen Systemen das ganze Thierreich in die Ihnen bekannten sieben Stämme oder Phylen einzutheilen, und diese theilt man in runder Summe wieder in ungefähr vierzig Klassen ein; diese Klassen in circa zweihundert Ordnungen. Seiner ganzen Organisation nach ist der Mensch unzweifelhaft erstens ein Glied nur eines einzigen Stammes, des Wirbelthierstammes; zweitens ein Glied nur einer einzigen Klasse, der Säugethierklasse; und drittens ein Glied nur einer einzigen Ordnung, der Affenordnung. Alle die charakteristischen Eigenthümlichkeiten, durch welche sich die Wirbelthiere von den übrigen sechs Thierstämmen, die Säugethiere von den übrigen vierzig Klassen, und die Affen von den übrigen zweihundert Ordnungen des Thierreichs unterscheiden, alle diese Eigenthümlichkeiten besitzt auch der Mensch. Mögen wir uns drehen und wenden, wie wir wollen, so kommen wir über diese anatomische und systematische Thatsache nicht hinweg. Sie wissen, dass in neuester Zeit gerade diese Thatsache zu den lebhaftesten Erörterungen geführt und namentlich viele Streitigkeiten über die specielle anatomische Verwandtschaft des Menschen mit den Affen herbeigeführt hat. Die wunderlichsten Ansichten sind über diese „Affenfrage" oder „Pithecoiden-Theorie" zu Tage gefördert worden. Es wird daher gut sein, wenn wir dieselbe hier nochmals scharf beleuchten und das Wesentliche derselben vom Unwesentlichen trennen.

Wir gehen dabei von der unbestrittenen Thatsache aus, dass der Mensch auf alle Fälle, mag man seine specielle Blutsverwandtschaft mit den Affen leugnen oder annehmen, ein echtes Säugethier und zwar ein placentales Säugethier ist. Diese fundamentale Thatsache ist in jedem Augenblicke so leicht durch die vergleichend-anatomische Untersuchung zu beweisen, dass sie seit der Trennung der Placentalthiere von den niederen Säugethieren (Beutelthieren und Schnabelthieren) einstimmig anerkannt worden ist. Für jeden consequenten Anhänger der Entwickelungslehre folgt daraus aber ohne Weiteres, dass der Mensch mit den anderen Placentalthieren zusammen von einer und derselben gemeinsamen Stammform, von dem

Stammvater der Placentalien abstammt, wie wir auch weiter für alle verschiedenen Säugethiere (Placentalthiere, Beutelthiere und Kloakenthiere) einen gemeinsamen Säugethier-Stammvater nothwendig annehmen müssen. Damit ist aber die grosse, weltbewegende Principienfrage von der Stellung des Menschen in der Natur endgültig entschieden, mag man dem Menschen nun eine nähere oder eine entferntere Verwandtschaft mit den Affen zuschreiben. Gleichviel ob der Mensch in phylogenetischem Sinne ein Mitglied der Affen-Ordnung (— oder wenn Sie lieber wollen: der Primaten-Ordnung —) ist, oder nicht, auf jeden Fall bleibt seine unmittelbare Blutsverwandtschaft mit den übrigen Säugethieren und insbesondere mit den Placentalthieren bestehen. Vielleicht sind die Verwandtschafts-Beziehungen der verschiedenen Säugethier-Ordnungen zu einander ganz andere, als wir gegenwärtig hypothetisch annehmen. Auf jeden Fall aber bleibt die gemeinsame Abstammung des Menschen und aller übrigen Säugethiere von einer gemeinsamen Stammform unbestreitbar. Diese uralte, längst ausgestorbene Stammform (welche wahrscheinlich während der Trias-Periode sich entwickelte) ist eben der monotreme Stammvater aller Säugethiere.

Wenn wir an diesem fundamentalen und höchst bedeutungsvollen Satze festhalten, so wird sich uns die „Affenfrage" in einem ganz anderen Lichte darstellen, als sie gewöhnlich gezeigt wird. Sie werden sich dann bei einigem Nachdenken leicht überzeugen, dass dieselbe gar nicht die Bedeutung besitzt, die man ihr neuerdings beigelegt hat. Denn der Ursprung des Menschengeschlechts aus einer Reihe von verschiedenen Säugethier-Ahnen, und die historische Entwickelung dieser letzteren aus einer älteren Reihe von niederen Wirbelthier-Ahnen bleibt zweifellos bestehen, gleichviel ob man als die nächsten thierischen Vorfahren des Menschengeschlechts echte „Affen" ansieht oder nicht. Da man sich aber nun einmal daran gewöhnt hat, das Hauptgewicht in der ganzen Ursprungsfrage des Menschen gerade auf die „Abstammung vom Affen" zu legen, so sehe ich mich doch genöthigt, hier nochmals auf dieselbe zurückzukommen, und Ihnen die vergleichend-anatomischen und ontogenetischen Thatsachen in Erinnerung zu bringen, welche diese „Affenfrage" endgültig entscheiden.

Am kürzesten führt uns hier der Weg zum Ziele, welchen Huxley in seinen ausgezeichneten, von uns so oft angeführten

„Zeugnissen für die Stellung des Menschen in der Natur“ betreten hat, der Weg der vergleichenden Anatomie und Ontogenie. Wir haben objectiv alle einzelnen Organe des Menschen mit denselben Organen der höheren Affen zu vergleichen und dann zu prüfen, ob die Unterschiede zwischen ersterem und letzteren grösser sind, als die entsprechenden Unterschiede zwischen den höheren und niederen Affen. Das zweifellose und unbestreitbare Resultat dieser mit der grössten Unbefangenheit und Genauigkeit angestellten vergleichend-anatomischen Untersuchung war das bedeutungsvolle Gesetz, welches wir seinem Begründer zu Ehren das Huxley'sche Gesetz genannt haben: dass nämlich die körperlichen Unterschiede in der Organisation des Menschen und der uns bekannten höchst entwickelten Affen viel geringer sind, als die entsprechenden Unterschiede in der Organisation der höheren und niederen Affen. Ja wir konnten sogar dieses Gesetz noch näher bestimmen, indem wir die Platyrhinen oder amerikanischen Affen als entferntere Verwandte ganz ausschlossen und unsere Vergleichung auf den engeren Verwandtschaftskreis der Catarhinen, der Affen der alten Welt, beschränkten. Sogar innerhalb dieser kleinen Säugethier-Gruppe fanden wir die Organisations-Unterschiede zwischen den niederen und höheren schmalnasigen Affen, z. B. zwischen dem Pavian und Gorilla, viel grösser, als die Unterschiede zwischen diesem Menschenaffen und dem Menschen. Wenn wir nun dazu noch die Ontogenie befragen, und wenn wir hier nach unserem „Gesetze des ontogenetischen Zusammenhanges der systematisch verwandten Formen“ (S. 261) finden, dass die Embryonen der Menschenaffen und Menschen längere Zeit hindurch übereinstimmen, als die Embryonen der höchsten und der niedersten Affen, so werden wir uns wohl oder übel zur Anerkennung unseres Ursprungs aus der Affen-Ordnung bequemen müssen. Unzweifelhaft können wir uns aus den vorliegenden Thatsachen der vergleichenden Anatomie in unserer Phantasie ein ungefähres Bild von der Formbeschaffenheit unserer Vorfahren während der älteren Tertiär-Zeit construiren: mögen wir uns dies im Einzelnen ausmalen, wie wir wollen, so wird dieses Bild ein echter Affe und zwar ein entschiedener Catarhine sein. Denn alle die körperlichen Charaktere, welche die Catarhinen vor den Platyrhinen auszeichnen, besitzt auch der Mensch. Wir werden also demgemäss im Stammbaum der Säugethiere den Menschen unmittelbar aus der Gruppe der Catarhinen

ableiten und die Entstehung des Menschengeschlechts in die alte Welt versetzen müssen. Denn die ganze Gruppe der Catarhinen-Affen ist von jeher ebenso auf die alte Welt beschränkt geblieben, wie die Gruppe der Platyrhinen-Affen auf die neue Welt. Nur die älteste Wurzelform, aus der Beide entsprungen sind, war ihnen gemeinsam: wahrscheinlich entstand sie aus Halbaffen in der alten Welt.

Wenn es nun demnach für unsere objective wissenschaftliche Erkenntniss zweifellos festgestellt ist, dass das Menschengeschlecht direct von Affen der alten Welt abstammt, so wollen wir doch nochmals betonen, dass dieser wichtige Satz für die Principien-Frage vom Ursprung des Menschen nicht die Bedeutung besitzt, die man ihm gewöhnlich zuschreibt. Denn wenn wir diesen Satz auch völlig ignoriren oder bei Seite schieben, so bleibt Alles bestehen, was wir über die Placentalthier-Natur des Menschen durch die zoologischen Thatsachen der vergleichenden Anatomie und Entwickelungsgeschichte erfahren haben. Durch diese wird die gemeinsame Descendenz des Menschen und der übrigen Säugethiere zweifellos bewiesen. Auch wird natürlich jene Principien-Frage nicht im Mindesten dadurch verschoben oder beseitigt, dass man sagt: „Der Mensch ist allerdings ein Säugethier; aber er hat sich schon ganz unten an der Wurzel dieser Klasse von den übrigen Säugethieren abgezweigt und hat mit allen jetzt lebenden Mammalien keine nähere Verwandtschaft." Mehr oder weniger nah ist diese Verwandtschaft auf alle Fälle, wenn wir das Verhältniss der Säugethier-Klasse zu den übrigen vierzig Klassen des Thierreichs vergleichend untersuchen. Auf alle Fälle sind sämmtliche Säugethiere mit Inbegriff des Menschen gemeinsamen Ursprungs, und ebenso sicher ist es, dass die gemeinsamen Stammformen derselben sich aus einer langen Reihe von niederen Wirbelthieren allmählich entwickelt haben.

Offenbar ist es auch weniger der Verstand als das Gefühl, welches sich bei den meisten Menschen gegen ihre „Abstammung vom Affen" sträubt. Gerade weil uns in dem Affen-Organismus die Caricatur des Menschen, das verzerrte Ebenbild unserer Gestalt in wenig anziehender Form entgegentritt, weil die übliche ästhetische Betrachtung und Selbstverherrlichung des Menschen dadurch so empfindlich berührt wird, schaudern die meisten Menschen vor ihrem Affen-Ursprung zurück. Viel schmeichelhafter erscheint es, von einem

höher entwickelten, göttlichen Wesen abzustammen, und daher hat auch bekanntlich seit Urzeiten die menschliche Eitelkeit sich darin gefallen, das Menschengeschlecht ursprünglich von Göttern oder Halbgöttern abstammen zu lassen. Die Kirche hat es verstanden, mit jener sophistischen Verdrehung der Begriffe, in der sie Meister ist, diesen lächerlichen Hochmuth als „christliche Demuth“ zu verherrlichen; und dieselben Menschen, welche mit hochmüthigem Abscheu jeden Gedanken eines thierischen Ursprungs von sich weisen und sich für „Kinder Gottes“ halten, dieselben lieben es, mit ihrem „demüthigen Knechtssinne“ zu prahlen. Ueberhaupt spielt in den meisten Predigten, welche von Lehrkanzel und Altar gegen die Fortschritte der Entwickelungslehre gehalten werden, die menschliche Eitelkeit und Einbildung eine hervorragende Rolle, und obwohl wir diese Charakterschwäche bereits von den Affen geerbt haben, müssen wir doch gestehen, sie bis zu einem Grade weiter entwickelt zu haben, welcher das unbefangene Urtheil des „gesunden Menschen-Verstandes“ völlig zu Boden schlägt. Wir machen uns lustig über alle die kindischen Thorheiten, welche der lächerliche Ahnenstolz der Adelsgeschlechter seit den schönen Tagen des Mittelalters bis auf unsere Zeit hervorgebracht hat, und doch steckt ein gutes Stück von diesem unbegründeten Adelshochmuth in den allermeisten Menschen. Wie die meisten Leute ihren Familien-Stammbaum lieber auf einen heruntergekommenen Baron oder womöglich einen berühmten Fürsten, als auf einen unbekannten, niederen Bauern zurückführen, so wollen auch die Meisten als Urvater des Menschengeschlechts lieber einen durch Sündenfall herabgesunkenen Adam als einen entwickelungsfähigen und strebsamen Affen sehen. Das ist nun eben Geschmackssache, und insofern lässt sich über solche genealogische Neigungen nicht streiten. Ich muss jedoch gestehen, dass ich persönlich mir ebensoviel auf meinen Grossvater in väterlicher Linie einbilde, der ein einfacher schlesischer Bauer blieb, als auf meinen Grossvater in mütterlicher Linie, der sich vom rheinischen Rechtsgelehrten zu den höchsten Verwaltungs-Stellen im Staatsrathe emporschwang. Jedenfalls aber sagt es meinem persönlichen Geschmacke viel mehr zu, der weiter entwickelte Nachkomme eines Affen-Urahnen zu sein, der sich im Kampfe um's Dasein aus niederen Säugethieren, wie diese aus niederen Wirbelthieren fortschreitend entwickelte, als der herabgekommene Sprössling eines gott-

gleichen, aber durch den Sündenfall rückgebildeten Adam, der aus einem „Erdenklosse", und einer Eva, die aus dessen Rippe „erschaffen" wurde. Was diese berühmte „Rippe" betrifft, so muss ich hier ausdrücklich noch als Ergänzung zur Entwickelungsgeschichte des Skelets hinzufügen, dass die Zahl der Rippen beim Manne und beim Weibe gleich gross ist. Bei letzterem ebenso wie bei ersterem entstehen die Rippen aus dem Hautfaserblatte und sind phylogenetisch als untere oder ventrale Wirbelbogen aufzufassen (S. 576).

Nun höre ich freilich sagen: „Das mag alles ganz gut und richtig sein, so weit es den menschlichen Körper betrifft, und nach den vorliegenden Thatsachen ist es wohl nicht mehr zu bezweifeln, dass dieser sich wirklich stufenweise und allmählich aus der langen Ahnenreihe der Wirbelthiere hervorgebildet hat. Aber ganz etwas anderes ist es mit dem „Geiste des Menschen", mit der menschlichen Seele, die unmöglich in gleicher Weise sich aus der Wirbelthier-Seele entwickelt haben kann." Lassen Sie uns sehen, ob wir diesem schwer wiegenden Einwurfe mit den bekannten Thatsachen der vergleichenden Anatomie, Physiologie und Entwickelungsgeschichte begegnen können. Zunächst werden wir hier einen festen Boden gewinnen, wenn wir die Seelen der verschiedenen Wirbelthiere vergleichend betrachten. Da finden wir innerhalb der verschiedenen Wirbelthier-Klassen und Ordnungen, Gattungen und Arten eine solche Fülle von verschiedenartigen Wirbelthier-Seelen neben einander, dass man auf den ersten Blick es kaum für möglich halten wird, sie alle aus der Seele eines gemeinsamen „Urwirbelthieres" abzuleiten. Denken Sie nur zunächst an den kleinen Amphioxus, der noch gar kein Gehirn, sondern nur ein einfaches Markrohr besitzt, und dessen gesammte Seelenthätigkeit auf der niedersten Stufe unter den Wirbelthieren stehen bleibt. Auch die zunächst darüber stehenden Cyclostomen zeigen wenig mehr geistiges Leben, obschon sie ein Gehirn besitzen. Gehen wir von da weiter zu den Fischen, so finden wir deren Intelligenz bekanntlich auch auf einer sehr tiefen Stufe verharren, und erst wenn wir von da weiter zu den Amphibien aufsteigen, nehmen wir wesentliche Fortschritte in der geistigen Entwickelung wahr. Noch viel mehr ist das bei den Säugethieren der Fall, obwohl auch hier bei den Schnabelthieren und bei den zunächst darüber stehenden, stupiden Beutelthieren alle Geistesthätigkeiten noch auf einer niederen Stufe stehen bleiben. Aber wenn wir von hier zu den Placentalthieren hinauf-

steigen, so finden wir innerhalb dieser formenreichen Gruppe so zahlreiche und so bedeutende Stufen in der Sonderung und Vervollkommnung vor, dass die Seelen-Unterschiede zwischen den dümmsten Placentalthieren (z. B. den Faulthieren und Gürtelthieren) und den gescheidtesten Thieren dieser Gruppe (z. B. den Hunden und Affen) viel bedeutender erscheinen als die psychischen Differenzen zwischen jenen niedersten Placentalthieren und den Beutelthieren oder selbst den niederen Wirbelthieren. Jedenfalls sind jene Differenzen weit bedeutender als die Unterschiede im Seelenleben der Hunde, Affen und Menschen. Und doch sind alle diese Thiere stammverwandte Glieder einer einzigen Klasse [142].

In noch viel überraschenderem Grade zeigt uns dasselbe die vergleichende Psychologie einer anderen Thierklasse, welche aus vielen Gründen unser specielles Interesse besitzt, nämlich die Insektenklasse. Bekanntlich offenbart sich bei vielen Insekten eine annähernd so hoch entwickelte Seelenthätigkeit, wie sie innerhalb der Wirbelthiergruppe nur der Mensch besitzt. Sie kennen wohl die berühmten Gemeindebildungen und Staaten der Bienen und Ameisen, und Sie wissen, dass hier höchst merkwürdige sociale Einrichtungen sich finden, wie sie in dieser Entwickelung nur bei den höher entwickelten Menschenrassen, sonst aber nirgends im Thierreiche zu finden sind. Ich erinnere Sie bloss an die staatliche Organisation und Regierung, welche die monarchischen Bienen und die republikanischen Ameisen besitzen, an ihre Gliederung in verschiedene Stände: Königin, Drohnen-Adel, Arbeiter, Erzieher und Soldaten u. s. w. Zu den merkwürdigsten Erscheinungen in diesem höchst interessanten Lebensgebiete gehört jedenfalls die Viehzucht der Ameisen, welche die Blattläuse als Melkvieh züchten und regelmässig ihren Honigsaft abmelken. Noch merkwürdiger ist freilich die Sklavenhalterei der grossen rothen Ameisen, welche die Jungen der kleinen schwarzen Ameisen-Arten rauben und zu Sklavendiensten auferziehen. Dass alle diese staatlichen und socialen Einrichtungen der Ameisen durch das planmässige Zusammenwirken zahlreicher Staatsbürger entstanden sind, und dass diese sich unter einander verständigen, weiss man schon lange. Durch zahlreiche Beobachtungen ist die erstaunlich hohe Entwickelung der Geistesthätigkeit bei diesen kleinen Gliederthieren ausser Zweifel gestellt. Nun vergleichen Sie damit einmal, wie es Darwin thut, die Seelenthätigkeit vieler niederen und namentlich vieler parasitischen

Insekten. Da giebt es z. B. Schildläuse (*Coccus*), die im erwachsenen Zustande einen völlig unbeweglichen und auf den Blättern von Pflanzen festgewachsenen schildförmigen Körper darstellen. Ihre Füsse sind verkümmert. Ihr Schnabel ist in das Gewebe der Pflanze eingesenkt, deren Säfte sie aussaugen. Die ganze Seelenthätigkeit dieser regungslosen weiblichen Parasiten besteht in dem Genusse, den ihnen das Saugen dieser Säfte und der Geschlechtsverkehr mit den beweglichen Männchen gewährt. Dasselbe gilt von den madenförmigen Weibchen der Fächerflügler (*Strepsiptera*), die flügellos und fusslos ihr ganzes Leben parasitisch und unbeweglich im Hinterleibe von Wespen zubringen. Von irgend welcher höheren Geistesthätigkeit ist da gar keine Rede. Wenn Sie nun diese viehischen Parasiten mit jenen geistig so beweglichen und regsamen Ameisen vergleichen, so werden Sie sicher zugeben, dass die psychischen Unterschiede zwischen Beiden viel grösser sind als die Seelen-Unterschiede zwischen den niedersten und höchsten Säugethieren, zwischen den Schnabelthieren, Beutelthieren und Gürtelthieren einerseits, den Hunden, Affen und Menschen anderseits. Und doch gehören alle jene Insekten unbestritten zu einer einzigen Gliederthier-Klasse, ebenso wie alle diese Säugethiere zweifellos zu einer einzigen Säugethier-Klasse gehören. Und ebenso wie jeder consequente Anhänger der Entwickelungslehre für alle jene Insekten eine gemeinsame Stammform annehmen muss, ebenso muss er auch für alle diese Säugethiere eine gemeinsame Abstammung nothwendig behaupten.

Wenden wir uns nun von der vergleichenden Betrachtung der Seelenthätigkeit der verschiedenen Thiere zu der Frage nach den Organen dieser Function, so erhalten wir die Antwort, dass dieselbe bei allen höheren Thieren stets an bestimmte Zellengruppen gebunden ist, und zwar an jene Zellen, welche das Central-Nervensystem zusammensetzen. Alle Naturforscher ohne Ausnahme stimmen darin überein, dass das Central-Nervensystem das Organ des Seelenlebens der Thiere ist, und man kann ja auch jederzeit diese Behauptung experimentell beweisen. Wenn wir das Central-Nervensystem ganz oder theilweise zerstören, so vernichten wir damit zugleich ganz oder theilweise die „Seele“ oder die psychische Thätigkeit des Thieres. Wir werden also zunächst zu fragen haben, wie sich das Seelen-Organ beim Menschen verhält. Die unbestreitbare Antwort hierauf wissen Sie bereits. Das Seelen-Organ des Menschen

ist seinem Bau und Ursprung nach dasselbe wie dasjenige aller anderen Wirbelthiere. Es entsteht als einfaches Markrohr oder Medullarrohr aus der äusseren Haut des Embryo, aus dem Hautsinnesblatte oder dem ersten secundären Keimblatte. In seiner allmählichen Entwickelung beim menschlichen Embryo durchläuft es dieselben Stufen der Ausbildung. wie das Central-Nervensystem aller anderen Säugethiere, und wie diese letzteren zweifellos eines gemeinsamen Ursprungs sind, so muss auch ihr Gehirn und Rückenmark desselben Ursprungs sein.

Die Physiologie lehrt uns ferner durch Beobachtung und Experiment, dass das Verhältniss der „Seele“ zu ihrem Organ, dem Gehirn und Rückenmark, ganz dasselbe beim Menschen wie bei allen übrigen Säugethieren ist. Jene erstere kann ohne dieses letztere überhaupt nicht thätig sein; sie ist an dasselbe eben so gebunden wie die Muskelbewegung an den Muskel. Sie kann sich daher auch nur im Zusammenhang mit ihm entwickeln. Wenn wir nun Anhänger der Descendenz-Theorie sind, und wenn wir den causalen Zusammenhang zwischen der Ontogenese und der Phylogenese zugestehen, so werden wir jetzt zur Anerkennung folgender Sätze gezwungen sein: Die Seele oder „Psyche“ des Menschen hat sich als Function des Markrohrs mit diesem zugleich entwickelt, und wie noch jetzt bei jedem menschlichen Individuum Gehirn und Rückenmark sich aus dem einfachen Markrohr entwickeln, so hat sich auch der „Menschen-Geist“ oder die Seelenthätigkeit des ganzen Menschengeschlechts allmählich und stufenweise aus der niederen Wirbelthierseele entwickelt. Wie noch heute bei jedem menschlichen Individuum der complicirte Wunderbau des Gehirns sich Schritt für Schritt ganz aus derselben Grundlage, aus denselben einfachen fünf Hirnblasen wie bei allen anderen Schädelthieren hervorbildet, so hat auch die Menschenseele sich im Laufe von Jahrmillionen allmählich aus der Schädelthier-Seele hervorgebildet; und wie noch jetzt bei jedem menschlichen Embryo das Gehirn sich nach dem speciellen Typus des Affen-Gehirns differenzirt, so hat sich auch die Menschen-Psyche historisch aus der Affen-Seele differenzirt.

Freilich wird diese monistische Auffassung von den meisten Menschen mit Entrüstung zurückgewiesen und dagegen die dualistische Ansicht vertreten, welche den untrennbaren Zusammenhang von Gehirn und Seele leugnet, und welche „Körper und Geist“ als zwei ganz verschiedene Dinge betrachtet. Allein wie sollen wir diese allgemein

verbreitete Ansicht mit den Ihnen bekannten Thatsachen der Entwickelungsgeschichte zusammenreimen? Jedenfalls bietet dieselbe ebenso grosse und ebenso unübersteigliche Schwierigkeiten für die Ontogenese wie für die Phylogenese. Wenn man mit den meisten Menschen annimmt, dass die Seele ein selbstständiges unabhängiges Wesen ist, welches ursprünglich mit dem Körper nichts zu thun hat, sondern nur zeitweilig in demselben wohnt und welches seine Empfindungen durch das Gehirn ebenso äussert, wie der Klavierspieler durch das Klavier, so muss man in der Keimesgeschichte des Menschen einen Zeitpunkt annehmen, in welchem die Seele in den Körper und zwar in das Gehirn eintritt; und man muss ebenso beim Tode einen Augenblick annehmen, in welchem dieselbe den Körper wieder verlässt. Da ferner jeder Mensch bestimmte individuelle Seelen-Eigenschaften von beiden Eltern geerbt hat, so muss man annehmen, dass beim Zeugungs-Acte Seelen-Portionen von letzteren auf den Keim übertragen werden. Ein Stückchen Vater-Seele begleitet die Spermazelle, ein Stückchen Mutter-Seele bleibt bei der Eizelle. Bei dieser dualistischen Ansicht bleiben vollkommen unbegreiflich die Erscheinungen der Entwickelung. Wir alle wissen, dass das neugeborne Kind kein Bewusstsein, keine Erkenntniss von sich selbst und von der umgebenden Welt besitzt. Wer selbst Kinder hat, und deren geistige Entwickelung verfolgt, kann bei unbefangener Beobachtung derselben unmöglich leugnen, dass hier biologische Entwickelungs-Processe walten. Wie alle anderen Functionen unseres Körpers sich im Zusammenhange mit ihren Organen entwickeln, so auch die Seele im Zusammenhang mit dem Gehirn. Ist ja doch gerade die stufenweise Entwickelung der Kindes-Seele eine so wundervolle und herrliche Erscheinung, dass jede Mutter und jeder Vater, die offene Augen zum Beobachten besitzen, nicht müde werden, sich daran zu ergötzen. Nur allein die Lehrbücher der Psychologie wissen von einer solchen Entwickelung Nichts und man muss fast auf den Gedanken kommen, dass die Verfasser derselben niemals selbst Kinder besessen haben. Die Menschen-Seele, wie sie in den allermeisten psychologischen Werken dargestellt wird, ist nur die einseitig ausgebildete Seele eines gelehrten Philosophen, der zwar sehr viel Bücher kennt, aber Nichts von Entwickelungsgeschichte weiss und nicht daran denkt, dass auch diese seine eigene Seele sich entwickelt hat.

Dieselben dualistischen Philosophen müssen natürlich, wenn sie

consequent sind, auch für die Stammesgeschichte der menschlichen Seele einen Moment annehmen, in welchem dieselbe zuerst in den Wirbelthier-Körper des Menschen „eingefahren“ ist. Demnach müsste zu jener Zeit, als der menschliche Körper sich aus dem anthropoiden Affen-Körper entwickelte, (also wahrscheinlich in der neueren Tertiär-Zeit) plötzlich einmal ein specifisch menschliches Seelen-Element — oder wie man es auszudrücken pflegt, ein „göttlicher Funke“ — in das anthropoide Affengehirn hineingefahren oder hineingeblasen sein und sich hier der bereits vorhandenen Affenseele associirt haben. Welche theoretischen Schwierigkeiten diese Vorstellung darbietet, brauche ich Ihnen nicht auseinander zu setzen. Ich will nur darauf hinweisen, dass auch dieser „göttliche Funke“, durch den sich die menschliche Psyche von allen Thierseelen unterscheiden soll, doch selbst wieder ein entwickelungsfähiges Ding sein muss und thatsächlich im Laufe der Menschengeschichte sich fortschreitend entwickelt hat. Gewöhnlich versteht man unter diesem „göttlichen Funken“ die „Vernunft“ und meint damit dem Menschen eine Seelen-Function zuzuweisen, die ihn von allen „unvernünftigen Thieren“ unterscheidet. Die vergleichende Psychologie beweist uns aber, dass dieser Grenzpfahl zwischen Mensch und Thier keinenfalls haltbar ist[142]. Entweder nehmen wir den Begriff der Vernunft im weiteren Sinne und dann kommt dieselbe den höheren Säugethieren (Affen, Hunden, Elephanten, Pferden) ebenso gut wie den meisten Menschen zu; oder wir fassen den Begriff der Vernunft im engeren Sinne, und dann fehlt sie der Mehrzahl der Menschen eben so gut wie den meisten Thieren. Im Ganzen gilt noch heute von der Vernunft des Menschen, was seiner Zeit GOETHE's Mephisto sagte:

> „Ein wenig besser würd' er leben,
> „Hätt'st Du ihm nicht den Schein des Himmelslichts gegeben:
> „Er nennt's „Vernunft“ und brauchts allein,
> „Nur thierischer als jedes Thier zu sein.“

Wenn wir demnach diese allgemein beliebten und in vieler Beziehung recht angenehmen dualistischen Seelen-Theorien als völlig unhaltbar, weil mit den genetischen Thatsachen unvereinbar, fallen lassen müssen, so bleibt uns nur die entgegengesetzte monistische Ansicht übrig, wonach die Menschen-Seele, gleich jeder anderen Thier-Seele, eine Function des Central-Nervensystems ist und in untrennbarem Zusammenhang mit diesem sich entwickelt hat. Ontogene-

tisch sehen wir das an jedem Kinde. Phylogenetisch müssen wir dasselbe nach dem biogenetischen Grundgesetze behaupten. Wie sich bei jedem menschlichen Embryo aus dem Hautsinnesblatte das Markrohr, aus dessen Vordertheil die fünf Hirnblasen der Schädelthiere und aus diesen das Säugethier-Gehirn entwickelt, (zuerst mit den Charakteren der niederen, dann mit denen der höheren Säugethiere), und wie dieser ganze ontogenetische Process nur eine kurze, durch Vererbung bedingte Wiederholung desselben Vorganges in der Phylogenese der Wirbelthiere ist, so hat sich auch die wunderbare Seelenthätigkeit des Menschengeschlechts im Laufe vieler Jahrtausende stufenweise aus der unvollkommneren Seelenthätigkeit der niederen Wirbelthiere Schritt für Schritt hervorgebildet, und die Seelen-Entwickelung jedes Kindes ist nur eine kurze Wiederholung jenes langen phylogenetischen Processes.

Hier werden Sie nun auch inne werden, welche ausserordentliche Bedeutung die Anthropogenie im Lichte des biogenetischen Grundgesetzes für die Philosophie erlangen wird. Die speculativen Philosophen, die sich der ontogenetischen Thatsachen bemächtigen und dieselben (jenem Gesetze gemäss) phylogenetisch deuten werden, die werden einen grösseren Fortschritt in der Geschichte der Philosophie herbeiführen, als den grössten Denkern aller Jahrhunderte bisher gelungen ist. Unzweifelhaft muss jeder consequente und klare Denker aus den Ihnen vorgeführten Thatsachen der vergleichenden Anatomie und Ontogenie eine Fülle von anregenden Gedanken und Betrachtungen schöpfen, die ihre Wirkung auf die weitere Entwickelung der philosophischen Weltanschauung nicht verfehlen können. Ebenso kann es keinem Zweifel unterliegen, dass die gehörige Erwägung und die vorurtheilsfreie Beurtheilung dieser Thatsachen zu dem entscheidenden Siege derjenigen philosophischen Richtung führen wird, die wir mit einem Worte als monistische oder mechanische bezeichnen, im Gegensatze zu der dualistischen oder teleologischen, auf welcher die meisten philosophischen Systeme des Alterthums wie des Mittelalters und der neueren Zeit beruhen. Diese mechanische oder monistische Philosophie behauptet, dass überall in den Erscheinungen des menschlichen Lebens, wie in denen der übrigen Natur feste und unabänderliche Gesetze walten, dass überall ein nothwendiger ursächlicher Zusammenhang, ein Causalnexus der Erscheinungen besteht und dass demgemäss die ganze, uns erkennbare

Welt ein einheitliches Ganzes, ein „*Monon*“ bildet. Sie behauptet ferner, dass alle Erscheinungen nur durch mechanische Ursachen (*causae efficientes*), nicht durch vorbedachte zweckthätige Ursachen (*causae finales*) hervorgebracht werden. Einen „freien Willen“ im gewöhnlichen Sinne giebt es hiernach nicht. Vielmehr erscheinen im Lichte dieser monistischen Weltanschauung auch diejenigen Erscheinungen, die wir als die freisten und unabhängigsten zu betrachten uns gewöhnt haben, die Aeusserungen des menschlichen Willens, gerade so festen Gesetzen unterworfen, wie jede andere Natur-Erscheinung. Ueberhaupt können wir demnach die beliebte Unterscheidung von Natur und Geist nicht zugeben. Ueberall in der Natur ist Geist, und einen Geist ausser der Natur kennen wir nicht. Daher ist auch die übliche Unterscheidung von Naturwissenschaft und Geisteswissenschaft ganz unhaltbar. Jede Wissenschaft als solche ist Natur- und Geistes-Wissenschaft zugleich. Der Mensch steht nicht über der Natur, sondern in der Natur.

Allerdings lieben es die Gegner der Entwickelungslehre, die darauf gegründete monistische Philosophie als „Materialismus“ zu verketzern, indem sie zugleich die philosophische Richtung dieses Namens mit dem gar nicht dazu gehörigen und ganz verwerflichen sittlichen Materialismus vermengen; allein streng genommen könnte man unseren „Monismus“ mit ebenso viel Recht oder Unrecht als Spiritualismus, wie als Materialismus bezeichnen. Die eigentliche materialistische Philosophie behauptet, dass die Bewegungs-Erscheinungen des Lebens, gleich allen anderen Bewegungs-Erscheinungen, Wirkungen oder Producte der Materie sind. Das andere, entgegengesetzte Extrem, die spiritualistische Philosophie, behauptet gerade umgekehrt, dass die Materie das Product der bewegenden Kraft ist, und dass alle materiellen Formen durch freie und davon unabhängige Kräfte hervorgebracht sind. Also nach der materialistischen Weltanschauung ist die Materie oder der Stoff früher da als die Bewegung oder die lebendige Kraft; der Stoff hat die Kraft geschaffen. Nach der spiritualistischen Weltanschauung ist umgekehrt die lebendige Kraft oder die Bewegung früher da, als die Materie, die erst durch sie hervorgerufen wurde; die Kraft hat den Stoff geschaffen. Beide Anschauungen sind dualistisch und beide Anschauungen halten wir für gleich falsch. Der Gegensatz beider Anschauungen hebt sich für uns auf in der monistischen Philosophie,

welche sich Kraft ohne Materie eben so wenig denken kann, wie Materie ohne Kraft. Versuchen Sie nur einmal vom streng naturwissenschaftlichen Standpunkte aus darüber längere Zeit nachzudenken, und Sie werden bei genauerer Prüfung finden, dass Sie sich das Eine ohne das Andere überhaupt gar nicht klar vorstellen können. Wie schon GOETHE sagte, „kann die Materie nie ohne Geist, der Geist nie ohne Materie existiren und wirksam sein."

„Geist" und „Seele" sind nur höhere und combinirte oder differenzirte Potenzen derselben Function, die wir mit dem allgemeinsten Ausdruck als „Kraft" bezeichnen, und die Kraft ist eine allgemeine Function aller Materie. Wir kennen gar keinen Stoff, der nicht Kräfte besässe und wir kennen umgekehrt keine Kräfte, die nicht an Stoffe gebunden sind. Wenn die Kräfte als Bewegungen in die Erscheinung treten, nennen wir sie lebendige (active) Kräfte oder Thatkräfte; wenn die Kräfte hingegen im Zustande der Ruhe oder des Gleichgewichts sind, nennen wir sie gebundene (latente) Kräfte oder Spannkräfte [143]. Das gilt ganz ebenso von den anorganischen, wie von den organischen Naturkörpern. Der Magnet, der Eisenspähne anzieht, das Pulver, das explodirt, der Wasserdampf, der die Locomotive treibt, sind lebendige Anorgane; sie wirken ebenso durch lebendige Kraft, wie die empfindsame Mimose, die bei der Berührung ihre Blätter zusammenfaltet, wie der ehrwürdige Amphioxus, der sich im Sande des Meeres vergräbt, wie der Mensch, der denkt.

Unsere Anthropogenie hat uns zu dem Resultate geführt, dass auch in der gesammten Entwickelungsgeschichte des Menschen, in der Keimes- wie in der Stammesgeschichte, keine anderen lebendigen Kräfte wirksam sind, als in der übrigen organischen und anorganischen Natur. Alle die Kräfte, die dabei wirksam sind, konnten wir zuletzt auf das Wachsthum zurückführen, auf jene fundamentale Entwickelungs-Function, durch welche ebenso die Formen der Anorgane wie der Organismen entstehen. Das Wachsthum selbst beruht wieder auf Anziehung und Abstossung gleichartiger und ungleichartiger Theilchen [138]. Dadurch ist ebenso der Mensch wie der Affe, ebenso die Palme wie die Alge, ebenso der Krystall wie das Wasser entstanden. Die Entwickelung des Menschen erfolgt demgemäss nach denselben „ewigen, eh'rnen Gesetzen", wie die Entwickelung jedes anderen Naturkörpers. Durch die definitive wissenschaftliche Begründung dieser monistischen Erkenntniss thut unsere Zeit einen un-

ermesslichen Fortschritt in der einheitlichen Weltanschauung. Nur einen Fortschritt der menschlichen Erkenntniss können wir diesem an die Seite stellen, denjenigen, welchen vor vierhundert Jahren COPERNICUS durch die Zerstörung des ptolemäischen Weltsystems herbeiführte. Indem COPERNICUS damals nachwies, dass die Erde nicht, wie man allgemein glaubte, der Mittelpunkt der Welt, sondern bloss ein Stäubchen im Weltall, ein Stern unter zahllosen anderen Sternen sei, stürzte er die uralte geocentrische Weltanschauung und wurde der Schöpfer unseres neuen Weltsystems, welches NEWTON durch seine Gravitations-Theorie mathematisch begründete. In gleicher Weise wurde im Beginne unseres Jahrhunderts durch JEAN LAMARCK'S Descendenz-Theorie die allgemein herschende anthropocentrische Weltanschauung umgestürzt, die Einbildung, dass der Mensch der Mittelpunkt und das Endziel der Schöpfung sei: und CHARLES DARWIN war es vorbehalten, diese Theorie fünfzig Jahre später durch seine Selections-Theorie physiologisch zu begründen [144].

Freilich sind die Vorurtheile, welche der allgemeinen Anerkennung dieser „natürlichen Anthropogenie" entgegenstehen, auch heute noch ungeheuer mächtig; sonst würde schon jetzt der uralte Streit der verschiedenen philosophischen Systeme zu Gunsten des Monismus entschieden sein. Es lässt sich aber mit Sicherheit voraussehen, dass die allgemeinere Bekanntschaft mit den genetischen Thatsachen jene Vorurtheile mehr und mehr vernichten und den Sieg der naturgemässen Auffassung von der „Stellung des Menschen in der Natur" herbeiführen wird. Wenn man dieser Aussicht gegenüber vielfältig die Befürchtung aussprechen hört, dass dadurch ein Rückschritt in der intellectuellen und moralischen Entwickelung des Menschen herbeigeführt werde, so kann ich Ihnen dagegen meine Ueberzeugung nicht verbergen, dass dadurch gerade umgekehrt die fortschreitende Entwickelung des menschlichen Geistes in ungewöhnlichem Maasse gefördert werden wird. Jedenfalls wünsche und hoffe ich, Sie durch diese Vorträge davon fest überzeugt zu haben, dass das wahre wissenschaftliche Verständniss des menschlichen Organismus nur auf demjenigen Wege erlangt werden kann, welchen wir überhaupt in der organischen Naturforschung als den einzig richtigen und zum Ziele führenden anerkennen müssen, auf dem Wege der

Entwickelungsgeschichte!

Noten,

Anmerkungen und Literaturnachweise.

1. (S. 6.) Ontogenia (griechisch) = Entwickelungsgeschichte der Individuen (*Geneä tōn ontōn*). Die Ontogenie umfasst sowohl die Embryologie, als die Metamorphologie. Vergl. Ernst Haeckel, Generelle Morphologie, 1866. Bd. II, S. 30.

2. (S. 6). Phylogenia (griechisch) = Entwickelungsgeschichte der Stämme (*Geneä tōn Phylōn*). Die Phylogenie umfasst Palaeontologie und Genealogie. Generelle Morphologie, Bd. II, S. 305.

3. (S. 6.) Biogenia (griechisch) = Entwickelungsgeschichte der Organismen oder der lebendigen Naturkörper im weitesten Sinne! (*Geneä tu biu*).

4. (S. 13.) Identische Embryoform des Menschen und der anderen Säugethiere. Vergl. Ernst Haeckel, Natürliche Schöpfungsgeschichte. V. Auflage, 1874. (Vorrede zur III. Auflage. S. XXIV—XXV.)

5. (S. 15.) Morphologie (Formen-Wissenschaft) und Physiologie (Functionen-Wissenschaft.) Vergl. Generelle Morphologie Bd. I, S. 17—21.

6. (S. 15.) Morphogenie und Physiogenie. Die Entwickelungsgeschichte der Functionen, die wir hier „*Physiogenie*" nennen, existirte bisher nicht einmal dem Namen nach; sie hat die fruchtbarste Zukunft. Vergl. S. 130.

7. (S. 22.) Aristoteles, Fünf Bücher von der Zeugung und Entwickelung der Thiere. (Griechisch: *Peri Zoōn Genēseos*). Griechisch und Deutsch von Aubert und Wimmer. Leipzig 1860.

8. (S. 27.) Praeformations-Theorie. Diese Theorie wird in Deutschland gewöhnlich als „*Evolutions-Theorie*", im Gegensatz zur *Epigenesis-Theorie* bezeichnet. Da aber in England, Frankreich und Italien meistens umgekehrt diese letztere „*Evolutions-Theorie*" genannt und mithin „Evolution" und „Epigenesis" als gleichbedeutend gebraucht werden, erscheint es zweckmässiger, jene erstere *Praeformations-Theorie* zu nennen.

9. (S. 29.) Alfred Kirchhoff, *Caspar Friedrich Wolff*, sein Leben und seine Bedeutung für die Lehre von der organischen Entwickelung. Jenaische Zeitschrift für Naturwissenschaft, 1868. Bd. IV, S. 193.

10. (S. 41.) Christian Pander, *Historia metamorphoseos, quam ovum incubatum prioribus quinque diebus subit. Wirceburgi* 1817. (*Dissertatio inauguralis.*) — Beiträge zur Entwickelungsgechichte des Hühnchens im Eie. Würzburg 1817.

11. (S. 42.) Carl Ernst Baer, über Entwickelungsgeschichte der Thiere. Beobachtung und Reflexion. 2 Bände. Königsberg 1828—1837. Ausser diesem Hauptwerke vergleiche: Nachrichten über Leben und Schriften des Dr. Carl Ernst Baer, mitgetheilt von ihm selbst. Petersburg 1865.

12. (S. 49.) Albert Kölliker, Entwickelungsgeschichte des Menschen (1861); das brauchbarste unter den neueren Handbüchern der menschlichen Keimesgeschichte, enthält in den ersten vier Vorlesungen die wichtigsten Angaben über die ontogenetische Literatur. Ueber die neuesten Bereicherungen derselben vergl. die „Jahresberichte über die Leistungen und Fortschritte der Medicin" von Virchow und Hirsch (Entwickelungsgeschichte von Waldeyer). Berlin.

13. (S. 54.) Ernst Haeckel, die Gastraea-Theorie, die phylogenetische Classification des Thierreichs und die Homologie der Keimblätter. Jenaische Zeitschr. für Naturwiss. Bd. VIII. 1874, S. 1—56.

14. (S. 65.) Immanuel Kant, Kritik der teleologischen Urtheilskraft, 1790. §. 74 und §. 79. Vergl. meine Natürl. Schöpfungsgesch. V. Aufl. S. 90—94.

15. (S. 66.) Jean Lamarck, Philosophie Zoologique ou Exposition des considerations relatives à l'histoire naturelle des animaux etc. 2 Tomes. Paris 1809. Nouvelle édition, revue et précédée d'une introduction biographique par Charles Martins. Paris 1873.

16. (S. 70.) Wolfgang Goethe, zur Morphologie. Bildung und Umbildung organischer Naturen. Vergl. über Goethe's morphologische Studien vorzüglich Oskar Schmidt, Goethe's Verhältniss zu den organischen Naturwissenschaften (Jena 1853) und Rudolph Virchow, Goethe als Naturforscher (1861).

17. (S. 77.) Ueber Charles Darwin's Leben und Schriften vergl. Preyer, *Charles Darwin* („Ausland", No. 14, 1870). Das fundamentale Hauptwerk Darwin's bleibt dasjenige „über den Ursprung der Arten durch natürliche Züchtung". *On the origin of Species by mean's of natural selection.* 1859. (VI. *Edition* 1872.)

18. (S. 80.). Von Thomas Huxley's Schriften sind auser den im Texte angeführten vorzüglich folgende populäre Werke hervorzuheben: Ueber unsere Kenntniss von den Ursachen der Erscheinungen in der organischen Natur (übersetzt von Carl Vogt, 1865) und: Grundriss der Physiologie in populären Vorlesungen, 1871.

19. (S. 81.) Ernst Haeckel, Generelle Morphologie der Organismen. Allgemeine Grundzüge der organischen Formen-Wissenschaft, mechanisch begründet durch die von Charles Darwin reformirte Descendenz-Theorie. I. Band: Allgemeine Anatomie. II. Band: Allgemeine Entwickelungsgeschichte. Berlin 1866.

20. (S. 82.) Charles Darwin, *The descent of man and selection in relation to sex.* 2 Voll. London 1871. In's Deutsche übersetzt von Victor Carus unter dem Titel: Die Abstammung des Menschen und die geschlechtliche Zuchtwahl. 2 Bde. Stuttgart 1871.

21. (S. 86.) Carl Gegenbaur, Grundriss der vergleichenden Anatomie (III. umgearbeitete Auflage). Leipzig 1874.

22. (S. 91.) Ernst Haeckel, die Kalkschwämme (Calcispongien oder Grantien). Eine Monographie und ein Versuch zur analytischen Lösung des Problems von der Entstehung der Arten. I. Band: Biologie der Kalkschwämme. II. Band: System der Kalkschwämme. III. Band: Atlas der Kalkschwämme (mit 60 Tafeln). Berlin 1872.

23. (S. 97.) Ueber die Individualität der Zellen und die neueren Reformen der Zellentheorie vergl. meine Individualitätslehre oder Tectologie. (Gen. Morphol. Bd. I, S. 239—274.) Rudolf Virchow, Cellularpathologie. IV. Aufl. Berlin 1871.

24. (S. 102.) Die Plastiden-Theorie und die Zellen-Theorie. Jenaische Zeitschrift für Naturwiss. 1870, Bd. V, S. 492.

25. (S. 107.) Gegenbaur, Ueber den Bau und die Entwickelung der Wirbelthier-Eier mit partieller Dottertheilung. Archiv f. Anat. u. Phys. 1861, S. 491.

26. (S. 121.) Ernst Haeckel, Ueber Arbeitstheilung in Natur und Menschenleben. Virchow-Holtzendorf's Sammlung von Vorträgen 1869, Heft 78. II. Aufl.

27. (S. 124.) Organismen und Anorgane. Einheit der organischen und anorganischen Natur. Generelle Morphologie, Bd. I, S. 111—166.

28. (S. 126.) Monogonie oder ungeschlechtliche Fortpflanzung. Gen. Morphologie Bd. II, S. 36—58; S. 70.

29. (S. 127.) Amphigonie oder geschlechtliche Fortpflanzung. Gen. Morphol. Bd. II, S. 58—71.

30. (S. 131.) Eduard Hartmann, Philosophie des Unbewussten. V. Aufl. 1873. Die Entstehung des Bewusstseins. S. 389. — Emil du Bois-Reymond, Ueber die Grenzen des Naturerkennens. II. Aufl. Leipzig 1872.

31. (S. 134.) „Unbefleckte Empfängniss" oder *Parthenogenesis* findet sich nur bei wirbellosen Thieren, besonders Insecten und Crustaceen. Vergl. C. Th. Siebold, Beiträge zur Parthenogenesis der Arthropoden. Leipzig 1871.

32. (S. 138.) Das Verständniss der Vererbung kann nur durch eine genetische Vergleichung der verschiedenen Fortpflanzungs-Arten gewonnen werden. Gen. Morphol. Bd. II, S. 34—190.

33. (S. 143.) Die in der Biologie der Kalkschwämme (S. 330) aufgestellte Deutung der *Monerula* als einer „Rückschlags"-Form ist bis jetzt der einzige Versuch, das Verschwinden des Keimbläschens zu erklären.

34. (S. 148.) Bischoff, Entwickelungsgeschichte des Hunde-Eies. 1845.

35. (S. 152.) Ueber die Einzelligkeit aller Eier (vor der „Furchung") vergl. Hubert Ludwig, über die Eibildung im Thierreiche. Würzburg 1874.

36. (S. 153.) Ueber den wesentlichen Unterschied von Theilung und Knospung vergl. Gen. Morph. Bd. II, S. 37—51.

37. (S. 155.) Durch die neuesten wichtigen Untersuchungen von Alexander Goette (Note 133) ist der fundamentale Unterschied zwischen totaler und partieller Furchung aufgehoben und nachgewiesen, dass in beiden Fällen das ganze Ei gespaltet wird.

38. (S. 156.) Edouard Van Beneden, Recherches sur la composition et la signification de l'oeuf. Bruxelles 1870.

39. (S. 163.) Die von uns hier consequent durchgeführte „Vierblättertheorie" ist zuerst klar aufgestellt von C. E. Baer, Entwickelungsgeschichte der Thiere, Bd. II, S. 46, 68.

40. (S. 165.) C. F. Wolff, *De formatione intestinorum*. 1768. Deutsch von Meckel, 1812: Ueber die Bildung des Darmcanals; S. 141, 157.

41. (S. 170.) Nach der herrschenden „Typen-Theorie" sind die Typen des Thierreichs parallele und völlig selbstständige, nach meiner „Gastraea-Theorie" hingegen divergirende und an der Wurzel zusammenhängende Stämme; nach der Ansicht von vielen Gegnern der letzteren ist das kein wesentlicher Unterschied!

42. (S. 172.) Ernst Haeckel, Zur Morphologie der Infusorien. Jenaische Zeitschrift für Naturwiss. 1873, VII. Bd., S. 516—568.

43. (S. 178.) Promorphologie oder Grundformenlehre (Stereometrie der Organismen). Gen. Morphol. Bd. I, S. 374—574. Einpaarige Grundformen (*Dipleura*). S. 519. „Bilateral-symmetrische" Formen in der vierten Bedeutung!

44. (S. 194.) Die *Zona pellucida* der Säugethier-Eier ist ein „*Chorion*", keine „Dotterhaut (*Membrana vitellina*)," weil sie nicht vom Dotter der Eizelle, sondern von den umhüllenden „Follikel-Zellen" ausgeschieden wird (S. 683).

45. (S. 197). Waldeyer, Eierstock und Ei. Leipzig 1870. Ueber die Verschmelzung und den Zellenaustausch der primären Keimblätter im Axenstrang S. 111.

46. (S. 202.) Robert Remak, Untersuchungen über die Entwickelung der Wirbelthiere, 1855. S. 29. Fig. 21 C etc.

47. (S. 244.) Metameren oder Folgestücke („Rumpfsegmente" oder Zoniten). Gen. Morphol. Bd. I. S. 312.

48. (S. 245.) Die richtige Anschauung von der Individualität der Metameren ist für das Verständniss des gegliederten Thierkörpers unerlässlich.

49. (S. 246.) Die Entstehung der Metameren durch terminale Knospung ist vielleicht nicht ihr einziger, jedenfalls aber ihr gewöhnlichster Bildungs-Modus.

50. (S. 255.) Die auf Taf. V abgebildeten menschlichen Embryonen (I. aus der dritten, II. aus der fünften, III. aus der zehnten Woche) sind nach sehr gut conservirten Spiritus-Präparaten gezeichnet. Die meisten Abbildungen von menschlichen Embryonen aus dem ersten Monat sind nach verdorbenen oder verletzten Präparaten dargestellt.

51. (S. 261.) Das „Gesetz des ontogenetischen Zusammenhanges systematisch verwandter Formen" erleidet zahlreiche, mehr oder minder beträchtliche Ausnahmen durch embryonale Anpassung oder durch abgekürzte und gefälschte Vererbung. Vergl. Fritz Müller, *Für Darwin* (Note 56).

52. (S. 261.) Die Keimblase der Säugethiere ist als ein rückgebildeter Dottersack zu deuten, aus dem viel grösseren Dottersack ihrer Vorfahren phylogenetisch durch Anpassung an die intransitive Keimes-Entwickelung entstanden.

53. (S. 267.) Die äussere Nase des Menschen und des Nasenaffen ist als ein Product ästhetischer Motive aufzufassen, durch sexuelle Zuchtwahl entstanden.

54. (S. 285.) Ueber die näheren Verhältnisse des Blutkreislaufs im menschlichen Embryo vergl. Kölliker, Entwickelungsgeschichte des Menschen (1861), S. 87—92 und 394—430.

55. (S. 285.) Die abgekürzte Vererbung macht sich bei den Säugethieren viel stärker geltend als bei den niederen Wirbelthieren.

56. (S. 293.) Fritz Müller, *Für Darwin.* Eine höchst ausgezeichnete kleine Schrift, in welcher zum ersten Male die Modificationen des biogenetischen Grundgesetzes (an der Phylogenie der Crustaceen) erläutert sind.

57. (S. 297.) Die Methode der Phylogenie hat den gleichen logischen Werth wie die allgemein anerkannte Methode der Geologie und darf daher ganz dieselbe wissenschaftliche Geltung beanspruchen. Vergl. die treffliche Rede von Eduard Strasburger: Ueber die Bedeutung phylogenetischer Methoden für die Erforschung lebender Wesen. Jenaische Zeitschr. für Naturw. 1874. Bd. VIII, S. 56.

58. (S. 298.) Johannes Müller, Ueber den Bau und die Lebenserscheinungen des *Amphioxus lanceolatus.* Abhandl. der Berlin. Akad. 1844.

59. (S. 299.) Acranier und Cranioten. Die Scheidung der Wirbelthiere in Schädellose und Schädelthiere, wie ich sie zuerst 1866 in der generellen Morphologie vorgeschlagen habe, erscheint mir für das phylogenetische Verständniss des Vertebraten-Stammes unentbehrlich.

60. (S. 306.) Die Seitencanäle des Amphioxus als problematische Rudimente von Urnieren verdienen die genaueste Untersuchung. Vergl. den XXV. Vortrag.

61. (S. 308.) Max Schulze, Entwickelungsgeschichte von *Petromyzon.* Haarlem 1856.

62. (S. 309.) Savigny, Mémoires sur les animaux sans vertèbres. Vol. II, Ascidies. 1816. Giard, Recherches sur les Synascidies. Archives de Zoologie experimentale. Tome I, 1872.

63. (S. 313.) Die von mir 1866 aufgestellte, vielfach als „paradox" angegriffene Cormus-Theorie der Echinodermen (Gen. Morphol. Bd. II, S. LXIII) ist bis jetzt die einzige Theorie, welche den Versuch einer genetischen Erklärung dieser merkwürdigen Thiergruppe unternimmt.

64. (S. 321.) Kowalevsky, Entwickelungsgeschichte des Amphioxus und der einfachen Ascidien. (Mémoires de l'Acad. de S. Petersbourg. VII. Sér. Tom X. und XI, 1867, 1868.)

65. (S. 327.) Ray-Lankester, On the primitive cell-layers of the embryo etc. Annals and Mag. of nat. hist. 1873. Vol. XI, p. 321. Vergl. besonders p. 330.

66. (S. 329.) Amphioxus beweist unzweifelhaft, dass die Chorda der Wirbelthiere schon vor der Metameren-Bildung derselben existirte, mithin von den ungegliederten Chordoniern geerbt ist.

67. (S. 336.) Kupffer. Die Stammverwandtschaft zwischen Ascidien und Wirbelthieren (Archiv für mikrosk. Anat. 1870. Bd. VI, S. 115—170). Oskar Hertwig, Untersuchungen über den Bau und die Entwickelung des Cellulose-Mantels der Tunicaten. Richard Hertwig, Beiträge zur Kenntniss des Baues der Ascidien. Jenaische Zeitschrift für Naturw. 1873. VII. Bd.

68. (S. 345.) Milne-Edwards, Leçons sur la Physiologie comparée. Vol. IX.

69. (S. 346.) F. A. Lange, Geschichte des Materialismus. II. Aufl. 1873.

70. (S. 346.) Fechner hat in seinen „Ideen zur Schöpfungs- und Entwickelungsgeschichte der Organismen" (1873) entgegengesetzte „kosmorganische Phantasien" aufgestellt, welche mit den hier mitgetheilten ontogenetischen Thatsachen völlig unvereinbar sind.

71. (S. 347.) Der Wassergehalt des menschlichen Körpers beträgt nur beim Erwachsenen 50 Procent, hingegen beim Embryo 90 Procent und darüber.

72. (S. 352.) Einige Reste von landbewohnenden Organismen, welche angeblich der Silur-Periode angehören sollten, haben sich durch neuere Untersuchungen als spätere (devonische) Bildungen herausgestellt.

73. (S. 356.) Bernhard Cotta, Geologie der Gegenwart (1866, IV. Aufl. 1874) enthält vortreffliche allgemeine Bemerkungen über die Zeitrechnung und den gesammten Verlauf der organischen Erdgeschichte.

74. (S. 359.) August Schleicher, Die Darwin'sche Theorie und die Sprachwissenschaft. Weimar 1863. II. Aufl. 1873.

75. (S. 362.) Die meisten polyphyletischen Hypothesen erscheinen auf den ersten Blick einfacher und leichter, als die monophyletischen, bieten aber immer mehr Schwierigkeiten, je mehr man darüber nachdenkt.

76. (S. 363.) Die Physiologen, welche eine experimentelle Bestätigung der Descendenz-Theorie verlangen, beweisen damit nur ihre glänzende Unwissenheit in den betreffenden morphologischen Wissens-Gebieten.

77. (S. 367.) Urzeugung. Gen. Morphologie, Bd. I. S. 167—190. Die Moneren und die Urzeugung: Jenaische Zeitschr. für Naturwiss. 1871, Bd. VI, S. 37—42.

78. (S. 372.) Induction und Deduction in der Anthropogenie. Gen. Morphol. Bd. I, S. 79—88; Bd. II, S. 427.

79. (S. 377.) Die Zahl der Arten (oder genauer Formstufen, welche man als „*Species*" zu unterscheiden pflegt) wird in der Ahnen-Reihe des Menschen (im Laufe vieler Jahr-Millionen!) viele Tausende betragen haben; die Zahl der Gattungen („*Genera*") unserer Vorfahren viele Hunderte.

80. (S. 382.) Bathybius. Das Leben in den grössten Meerestiefen. Virchow-Holtzendorff's Sammlung No. 110.

81. (S. 383.) Die philosophische Bedeutung der Moneren für die Klärung der dunkelsten biologischen Fragen kann nicht genug hervorgehoben werden. Monographie der Moneren, Jenaische Zeitsch. für Naturwiss. Bd. IV, 1868, S. 64.

82. (S. 386.) Das philosophische Verständniss vom Wesen und der Bedeutung der Eizelle kann nur durch phylogenetische Beurtheilung derselben gewonnen werden.

83. (S. 388.) Cienkowski, Ueber den Bau und die Entwickelung der Labyrinthuleen (Arch. für mikrosk. Anat. 1870. Bd. III, S. 274).

84. (S. 390.) Die Catallacten, eine neue Protisten-Gruppe. (*Magosphaera planula*). Jenaische Zeitschr. für Naturwiss. Bd. VI, 1871, S. 1.

85. (S. 395.) Die Scheidung der Metazoen von den Protozoen (und Protisten) ist für die vergleichende Anatomie von der grössten Bedeutung, da erst unter den Metazoen die Aufstellung wahrer Homologien und die sichere Vergleichung der Organe möglich wird; zwischen Urthieren und Darmthieren sind überhaupt keine morphologischen Vergleiche möglich.

86. (S. 404.) Ueber Axenbestimmung und geometrische Grundform des Thierkörpers vergl. die „*Promorphologie*". (Gen. Morphol. Bd. I, S. 375—574.)

87. (S. 412.) Die Zwitterbildung in unserer Ahnen-Reihe hat sich von den Chordoniern wahrscheinlich noch auf die niederen Stufen der Wirbelthier-Ahnen fortgesetzt. Vergl. den XXV. Vortrag.

88. (S. 415.) Als lebende Chordonier der Gegenwart möchte ich die Appendicularien auffassen, die einzigen Wirbellosen, welche zeitlebens eine Chorda besitzen, und dadurch, sowie durch viele andere Eigenthümlichkeiten, sich von den Tunicaten entfernen.

89. (S. 423.) Amphioxus ist in mancher Beziehung (z. B. wegen Mangels des Ascidien-Herzens, wegen der rudimentären Beschaffenheit der Sinnes-Organe, wegen Verkümmerung der Urnieren) als eine durch regressive Anpassung rückgebildete Acranier-Form aufzufassen.

90. (S. 427.) Dass die blinden *Ammocoetes* sich in *Petromyzon* verwandeln, wusste schon vor zweihundert Jahren (1666) der Strassburger Fischer Leonhard Baldner; doch blieb dessen Beobachtung unbekannt und erst im Jahre 1854 wurde diese Verwandlung von August Müller wieder entdeckt (Archiv für Anat. 1856, S. 325). Vergl. Siebold, Die Süsswasserfische von Mittel-Europa. 1863.

91. (S. 436.) Die alten Streitigkeiten über die systematische Stellung und Verwandtschaft der Selachier hat erst Gegenbaur in der Einleitung zu seinem clas-

sischen Werke über „das Kopfskelet der Selachier“ (Note 124) entscheidend aufgeklärt.

92. (S. 439.) Gerard Krefft, Beschreibung eines gigantischen Amphibiums etc.; und Albert Günther, Ceratodus und seine Stelle im System. Archiv für Naturgeschichte, 37. Jahrgang 1871, Bd. I, S. 321 etc. Ferner: Philosophical Transactions, 1871, Part. II, p. 511 etc.

93. (S. 448.) Die Metamorphose der verschiedenen Frosch-Arten und Kröten-Arten dauert sehr verschiedene Zeit und bildet zusammen eine vollständige phylogenetische Reihe von der ursprünglichen, ganz vollkommenen, bis zu der späteren, ganz abgekürzten und verwischten Vererbung der Verwandlung.

94. (S. 448.) Die Amphibien-Gruppe der Kiemenlurche gehört wegen ihrer Mittelstellung zwischen den Dipneusten und höheren Amphibien zu den wichtigsten Wirbelthier-Gruppen.

95. (S. 448.) „Der Erdmolch (*Salamandra maculata*) drängt durch seine gesammten histologischen Verhältnisse die Vermuthung auf, dass er einer anderen Lebensepoche der Erde angehört, als der ihm äusserlich so ähnliche Wassermolch (*Triton*).“ Robert Remak l. c. (Note 46). S. 117.

96. (S. 448.) „Homo diluvii testis“ = *Andrias Scheuchzeri*. „Betrübtes Beingerüst von einem alten Sünder; Erweiche, Stein, das Herz der neuen Bosheits-Kinder.“ (Vom Diaconus Miller.) Quenstedt, Sonst und Jetzt. 1856 (S. 239).

97. (S. 452.) Die Amnionbildung der drei höheren Wirbelthier-Klassen, welche allen niederen Wirbelthieren fehlt, hat gar keinen Zusammenhang mit der ähnlichen (analogen, aber nicht homologen!) Amnion-Bildung der höheren Gliederthiere.

98. (S. 456.) Die einstmalige Existenz eines Protamnion, als gemeinsamer Stammform aller Amnioten, wird durch die vergleichende Anatomie und Ontogenie der Reptilien, Vögel und Säugethiere unzweifelhaft bewiesen.

99. (S. 465.) Die einstmalige Organisation der Promammalien lässt sich durch die vergleichende Anatomie der Salamander, der Eidechsen und der Schnabelthiere hypothetisch reconstruiren.

100. (S. 469.) Die Didelphien-Ahnen des Menschen können äusserlich von allen uns bekannten Beutelthieren sehr verschieden gewesen sein, werden aber die wesentlichen inneren Eigenthümlichkeiten aller Marsupialien besessen haben.

101. (S. 478.) Die phylogenetische Bedeutung der Halbaffen als uralter Stammgruppe der Placentalien wird durch unsere Unkenntniss fossiler Prosimien nicht beeinträchtigt, da paläontologische Thatsachen mit Sicherheit stets nur als positive, niemals als negative Facta verwerthet werden können.

102. (S. 480.) Ueber die Decidua-Bildung sind sehr verschiedene Theorien aufgestellt worden. Vergl. Kölliker, Entwickelungsgeschichte des Menschen, 1861, S. 137—183. Huxley, Lectures on the elements of comparative Anatomy. 1864. S. 101—112.

103. (S. 483.) Huxley, Handbuch der Anatomie der Wirbelthiere. 1873. S. 382. Früher theilte Huxley die „Primaten“ in „sieben Familien von ungefähr gleichen systematischem Werthe“ (in den „Zeugnissen etc.“ S. 119).

104. (S. 490.) Darwin, die geschlechtliche Zuchtwahl der Affen und Menschen; Abstammung des Menschen, Bd. II, S. 210—355.

105. (S. 490.) Unter allen Affen zeichnen sich einige Schlankaffen (*Semnopithecus*) durch besondere Menschenähnlichkeit in der Form der Nase und der Frisur (sowohl des Kopfhaares als des Barthaares) aus. Darwin, Abstammung des Menschen Bd. I, S. 335; Bd. II, S. 172.

106. (S. 491.) Ueber die specielle Affenverwandtschaft des Menschen vergl. Huxley: Zeugnisse für die Stellung des Menschen, S. 79—117; und Handbuch der Anatomie der Wirbelthiere, S. 382—416.

107. (S. 496.) Friedrich Müller, Allgemeine Ethnographie. Wien 1873. Ueber das muthmaassliche Alter des Menschen S. 29. Sprachstämme S. 5, 15 u. s. w.

108. (S. 496.) Die Migrations-Tafel (XV.) in der „Natürl. Schöpfungsgeschichte“ beansprucht bloss den Werth eines ersten Versuchs, einer hypothetischen

Skizze, wie ich ausdrücklich daselbst gesagt habe und wiederholten Angriffen gegenüber nochmals hier hervorheben muss.

109. (S. 507.) Die phylogenetische Unterscheidung einer besonderen Lederplatte, als äusserster Spaltungslamelle des Hautfaserblattes, wird durch die vergleichende Anatomie gerechtfertigt.

110. (S. 509.) Huss, Beiträge zur Entwickelungsgeschichte der Milchdrüsen; und Gegenbaur, Bemerkungen über die Milchdrüsen-Papillen. Jenaische Zeitschr. für Naturw. 1873. Bd. VII, S. 176, 204.

111. (S. 512.) Ueber die Behaarung der Menschen und Affen vergl. Darwin, Abstammung des Menschen, Bd. I, S. 20, 167, 180; Bd. II, 280, 298, 335 etc.

112. (S. 520.) Rückenseite und Bauchseite sind bei den Wirbelthieren, Gliederthieren, Weichthieren und Würmern homolog, daher Rückenmark und Bauchmark nicht vergleichbar.

113. (S. 529.) Der unbekannte ontogenetische Ursprung des sympathischen Nervensystems ist aus phylogenetischen Gründen wahrscheinlich zum grössten Theile im Darmfaserblatt zu suchen.

114. (S. 529.) Die im Centralmark befindlichen Blutgefässe wachsen erst aus den Markhüllen in dasselbe hinein.

115. (S. 537.) Die vergleichende Anatomie, Physiologie und Keimesgeschichte des Nervensystems und der Sinnesorgane wird das wichtigste Fundament für die Psychologie der Zukunft bilden.

116. (S. 544.) Ueber den „Wolfsrachen" wie über andere Hemmungsbildungen sind die Lehrbücher der pathologischen Anatomie von Rokitansky, Förster u. s. w. zu vergleichen; ferner Kölliker's Entwickelungsgeschichte des Menschen, S. 213.

117. (S. 545.) Ueber die Nebenhöhlen der Nase vergl. Gegenbaur, Grundriss der vergl. Anat. S. 580.

118. (S. 555.) Die ersten genaueren Angaben über die sehr schwierige Keimesgeschichte der Sinnesorgane, und namentlich des Auges und Ohres, machte (1830) Emil Huschke in Jena (Isis, Meckels' Archiv etc.).

119. (S. 559.) Hasse, Anatomische Studien (grösstentheils über das Gehörorgan) 1873.

120. (S. 562.) Johannes Rathke, Ueber den Kiemen-Apparat und das Zungenbein. 1832. Gegenbaur, das Kopfskelet der Selachier. 1872. (Note 124.)

121. (S. 564.) Ueber die rudimentäre Ohrmuschel des Menschen vergl. Darwin, Abstammung des Menschen, Bd. I, S. 17—19.

122. (S. 575.) Ueber die Wirbelzahlen der verschiedensten Säugethiere vergl. Cuvier, Leçons d'anatomie comparée, II. Edit. Tome I, 1835, p. 177.

123. (S. 582.) Ueber die ältere Schädel-Theorie von Goethe und Oken vergl. Virchow, Goethe als Naturforscher, 1861. S. 103.

124. (S. 583.) Carl Gegenbaur, Das Kopfskelet der Selachier, als Grundlage zur Beurtheilung der Genese des Kopf-Skelets der Wirbelthiere. 1872.

125. (S. 588.) Carl Gegenbaur, Ueber das Archipterygium. Jenaische Zeitschr. für Naturwiss. Bd. VII, 1873, S. 131.

126. (S. 590.) Charles Martins, Nouvelle comparaison des membres pelviens et thoraciques chez l'homme et chez les mammifères. Mémoires de l'Acad. de Montpellier Vol. III, 1857.

127. (S. 593.) Nicht alle Knochen des menschlichen Körpers sind knorpelig vorgebildet. Vergl. Gegenbaur, Ueber primäre und secundäre Knochenbildung, mit besonderer Beziehung auf die Lehre vom Primordial-Cranium. Jenaische Zeitschr. für Naturwiss. 1867. Bd. III, S. 54.

128. (S. 593.) Johannes Müller, Vergleichende Anatomie der Myxinoiden. Abhandl. der Berlin. Akad. 1834—1842.

129. (S. 598.) Die Homologie des Urdarms und der beiden primären Keimblätter ist die Vorbedingung für die morphologische Vergleichung der verschiedenen Metazoen-Stämme.

130. (S. 604.) Die Amphibien haben in der Darm-Entwickelung die ursprünglichen Cranioten-Verhältnisse treuer durch Vererbung conservirt als die Fische.

131. (S. 611.) Ueber die Homologie der Schuppen und Zähne vergl. Gegenbaur, Grundriss der vergl. Anat. 1874, S. 426 und 582; ferner Oscar Hertwig, Jenaische Zeitschr. für Naturwiss. 1874. Bd. VIII. Ueber den wichtigen Unterschied von Homologie (morphologischer Vergleichung) und Analogie (physiologischer Vergleichung) siehe Gegenbaur, l. c. p. 63; ferner meine Gen. Morphol. (Bd. I, S. 313.)

132. (S. 615.) Wilhelm Müller, Ueber die Hypobranchial-Rinne der Tunicaten und deren Vorhandensein bei Amphioxus und den Cyclostomen. Jenaische Zeitschr. für Naturwiss. 1873, Bd. VII, S. 327.

133. (S. 630.) Alexander Goette, Entwickelungsgeschichte der Unke, und Beiträge zur Entwickelungsgeschichte der Wirbelthiere. Archiv für mikrosk. Anat. 1873. Bd. IX, S. 396, 679 und Bd. X, S. 145.

134. (S. 633.) Die Neuromuskel-Zellen der Hydra werfen das erste Licht auf die gleichzeitige phylogenetische Differenzirung des Nerven- und Muskel-Gewebes. Vergl. Kleinenberg, *Hydra*. Leipzig 1872.

135. (S. 634.) Die ontogenetischen Heterochronien, welche durch Verschiebung der phylogenetischen Succession entstehen, sind nicht minder bedeutungsvoll als die ontogenetischen Heterotopien, die durch frühzeitige phylogenetische Wanderung der Zellen aus einem secundären Keimblatt in das andere bewirkt werden; dort wird die Zeitfolge, hier die Raumfolge gefälscht.

136. (S. 647.) Ueber die specielle Keimesgeschichte des menschlichen Gefässsystems vergl. Kölliker, Entwickelungsgeschichte des Menschen, 1861, S. 394—430; ferner Rathke's ausgezeichnete Ontogenien.

137. (S. 650.) Die Homologien der Urorgane, wie sie vorläufig hier nach der Gastraea-Theorie (Note 13) aufgeführt sind, können erst durch weiteres Zusammenwirken der vergleichenden Anatomie und Ontogenie festgestellt werden. Vergl. Gegenbaur, Grundriss der vergleichenden Anatomie.

138. (S. 654.) Da die Functionen der Fortpflanzung und der damit zusammenhängenden Vererbung sich auf das Wachsthum zurückführen lassen, so werden auch die ersteren, gleich den letzteren, sich schliesslich durch Anziehung und Abstossung homogener und heterogener Theilchen erklären.

139. (S. 658.) Ueber die ursprüngliche Zwitterbildung der Wirbelthiere vergl. Waldeyer. Eierstock und Ei, 1870, S. 152; ferner Gegenbaur, Grundriss d. v. A. 1874. S. 615. Ueber den Ursprung der Eier aus dem „Eierstocks-Epithel" vergl. Pflüger, die Eierstöcke der Säugethiere und des Menschen. 1863.

140. (S. 660.) Edouard Van Beneden, De la distinction originelle du testicule et de l'ovaire. Bruxelles 1874.

141. (S. 680.) Ueber die speciellere Keimesgeschichte der Harn- und Geschlechts-Organe vergl. Kölliker, Entwickelungsgeschichte des Menschen, 1861, S. 431—462; über die Homologien dieser Organe: Gegenbaur, Grundriss der vergl. Anatomie, 1874, S. 610—628.

142. (S. 701.) Wilhelm Wundt, Vorlesungen über die Menschen- und Thierseele. 1863. Wilhelm Wundt, Grundzüge der physiologischen Psychologie. 1874. Noel, Die materielle Grundlage des Seelenlebens. 1874.

143. (S. 708.) Ueber lebendige (actuelle) und gebundene (potentielle) Kräfte vergl. Hermann Helmholtz, Wechselwirkung der Naturkräfte (Populäre wissenschaftliche Vorträge. II. Heft. 1871).

144. (S. 709.) Generelle Morphologie Bd. II, S. 432. „Die Anthropologie als Theil der Zoologie". Natürliche Schöpfungsgeschichte, V. Aufl., S. 35, 648.

Register.

Druck von Breitkopf und Härtel in Leipzig.

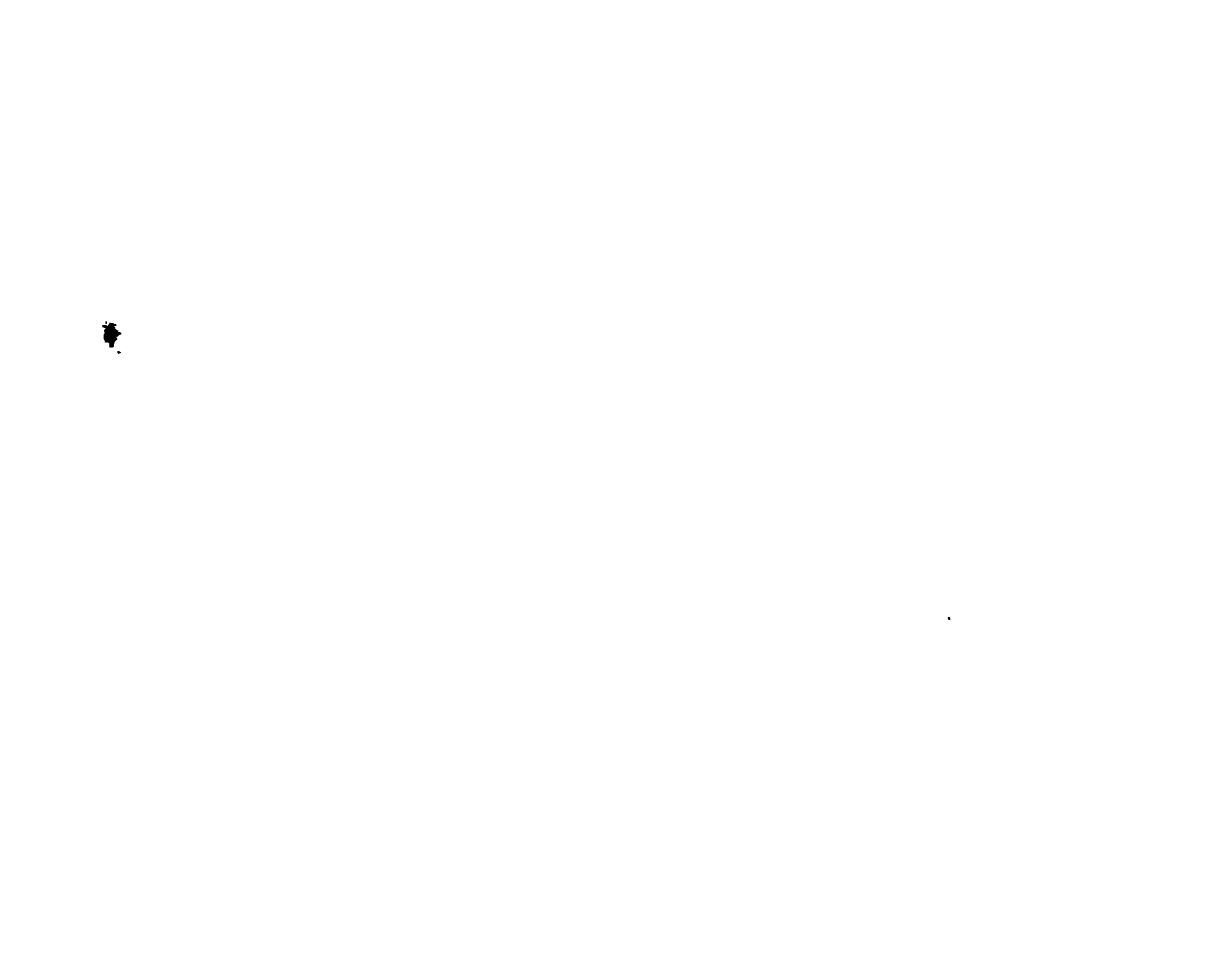


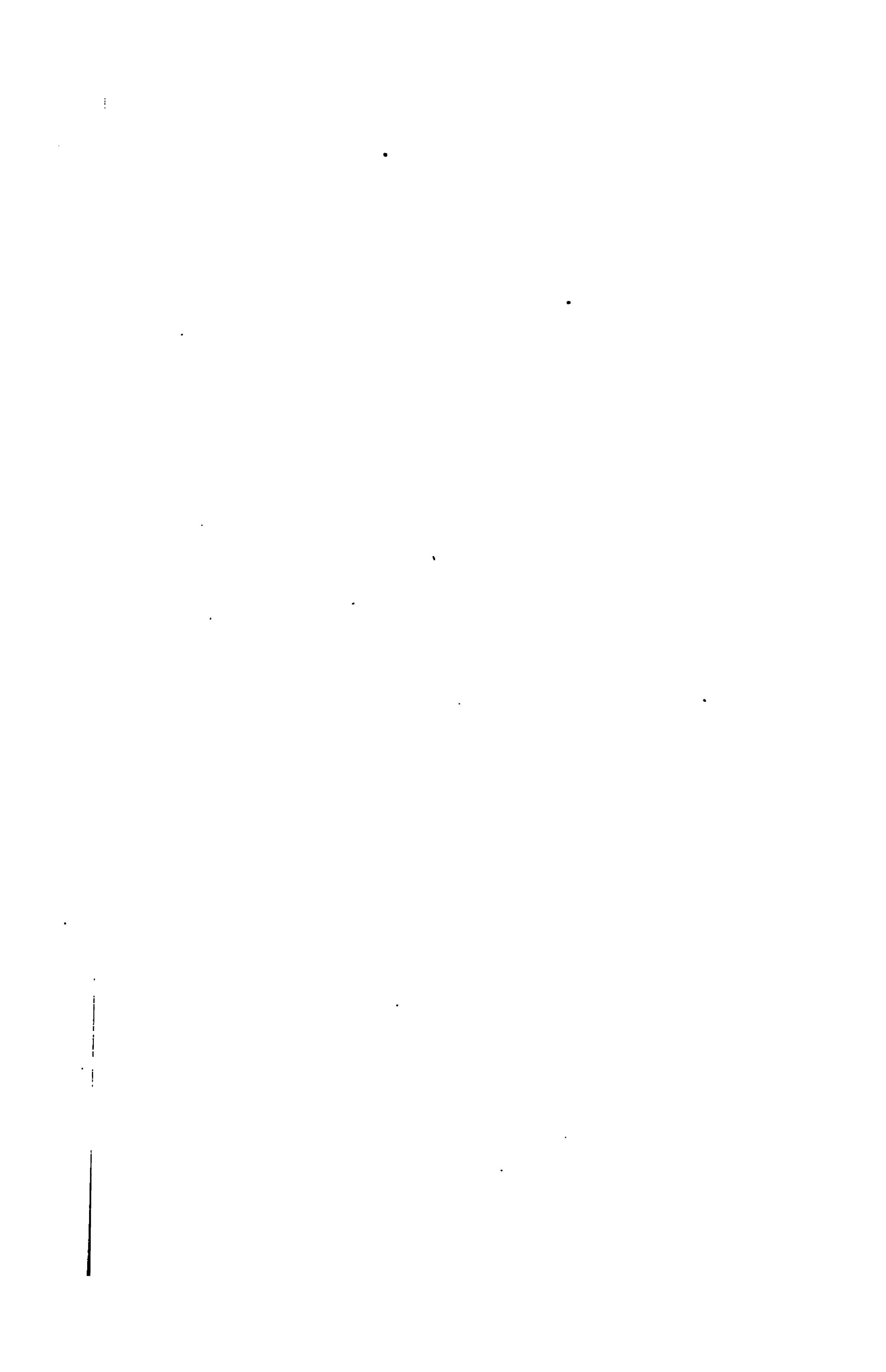


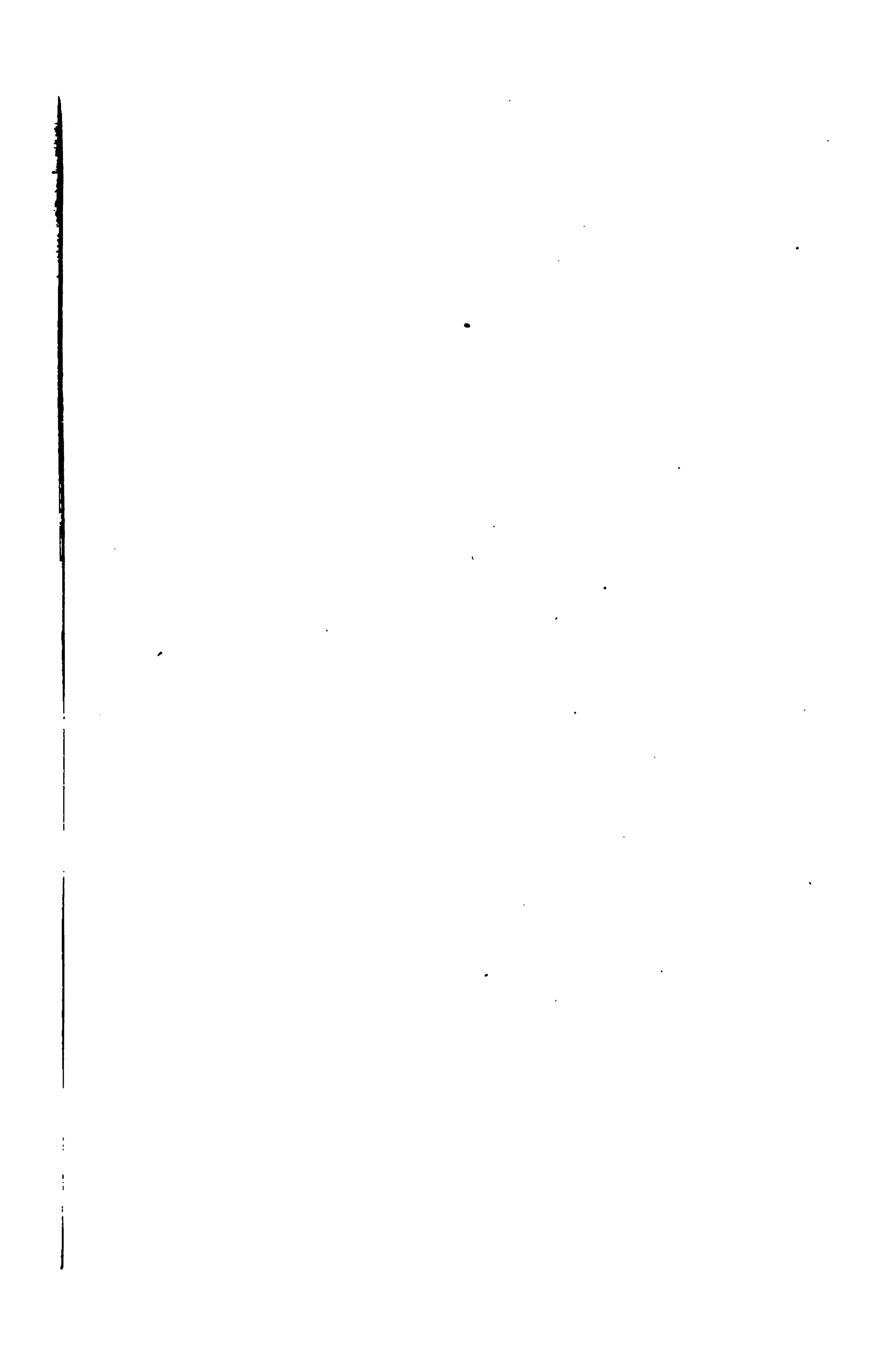


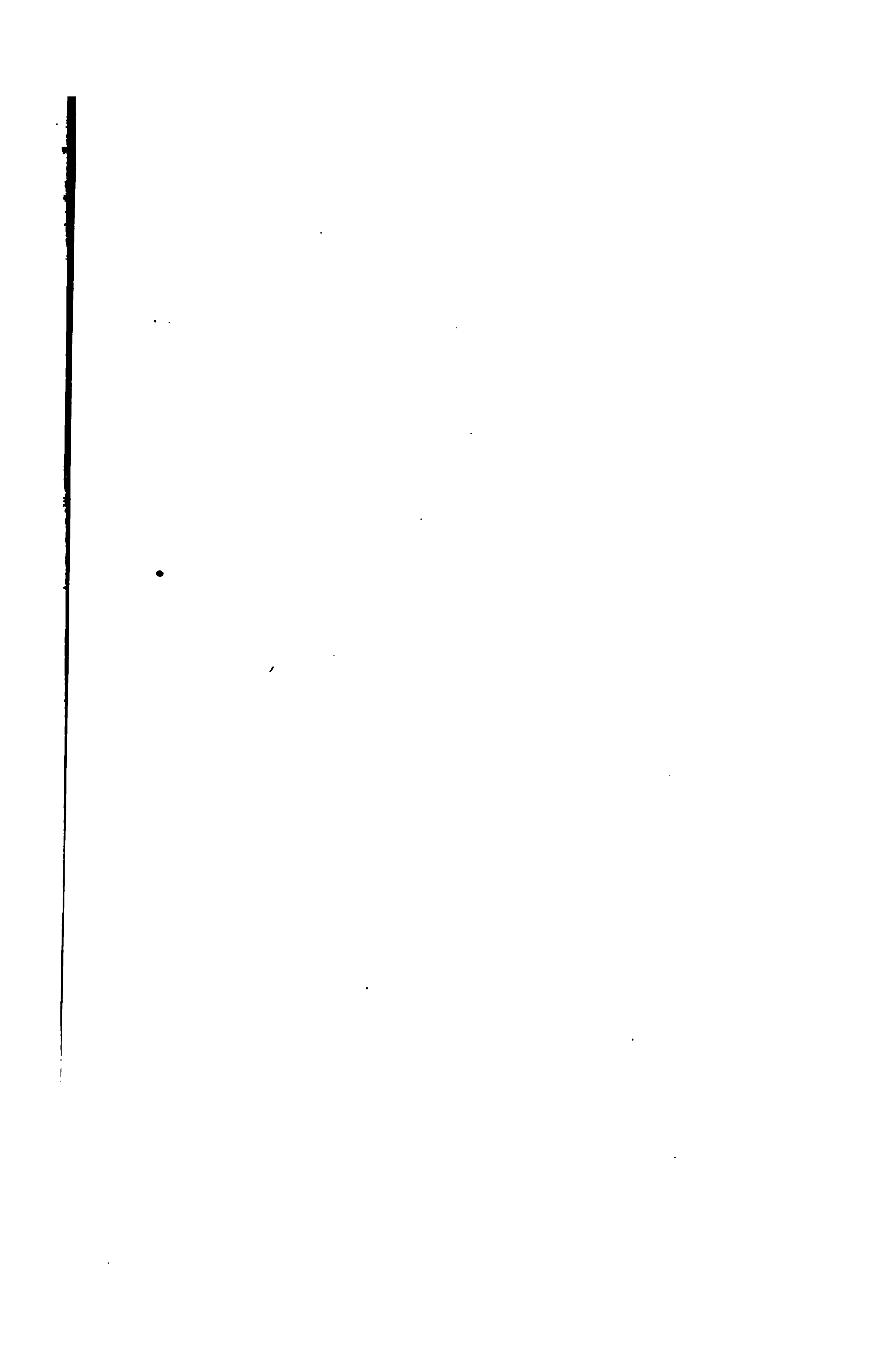




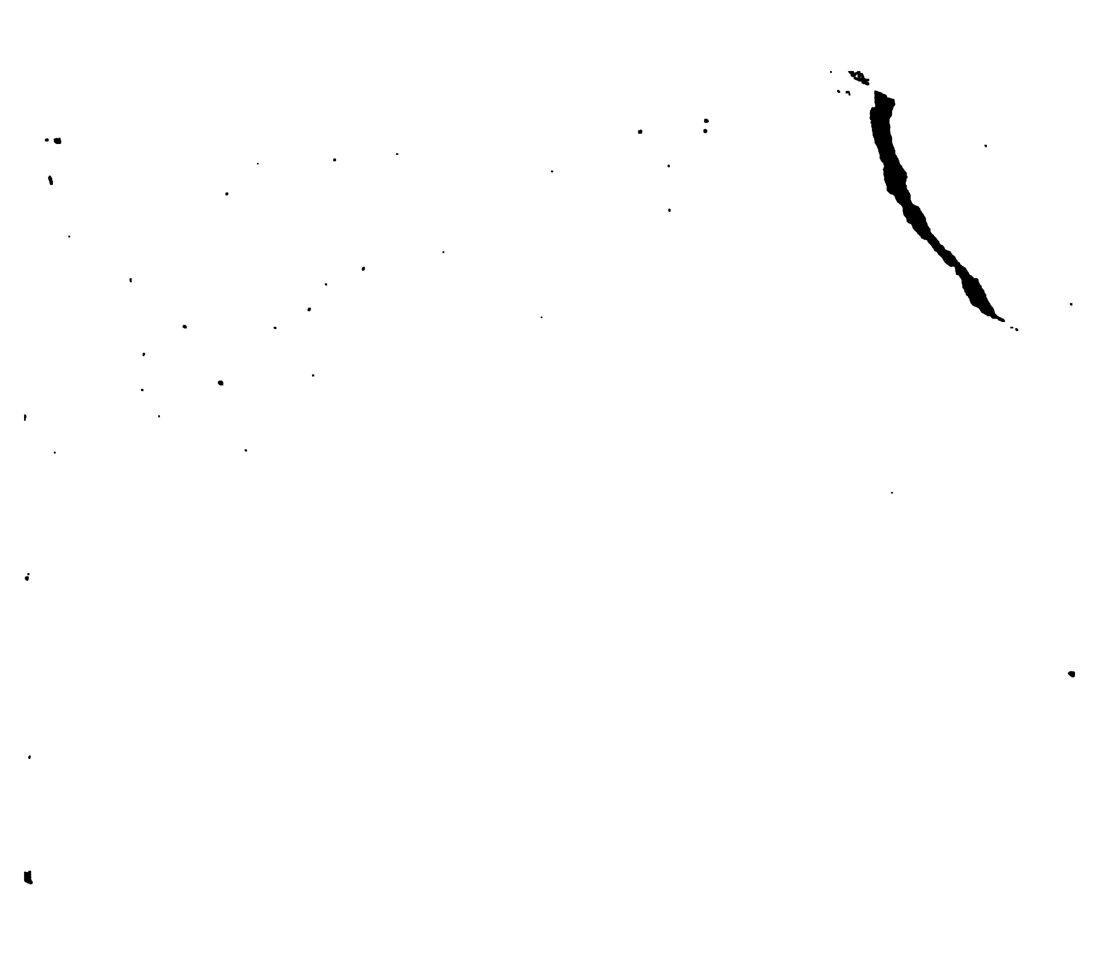


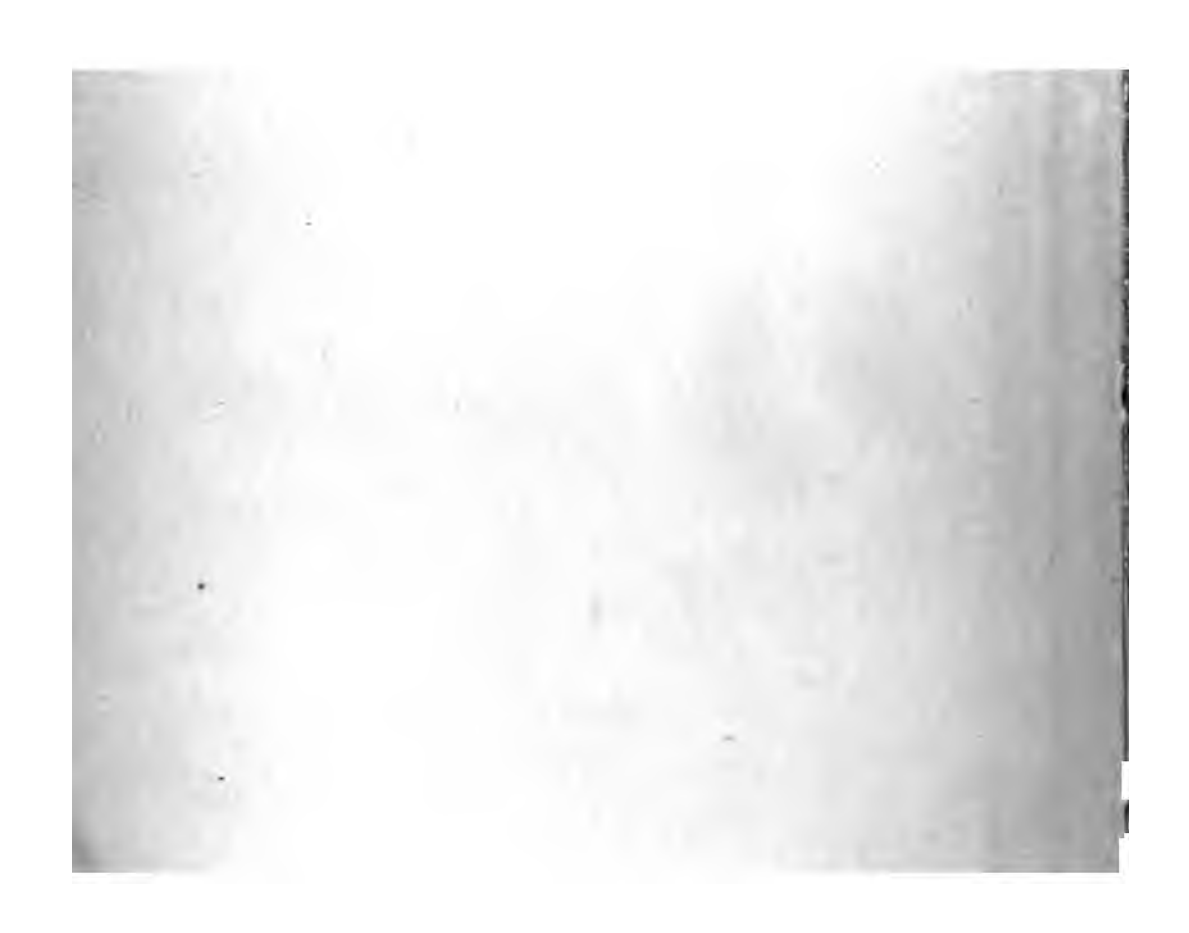




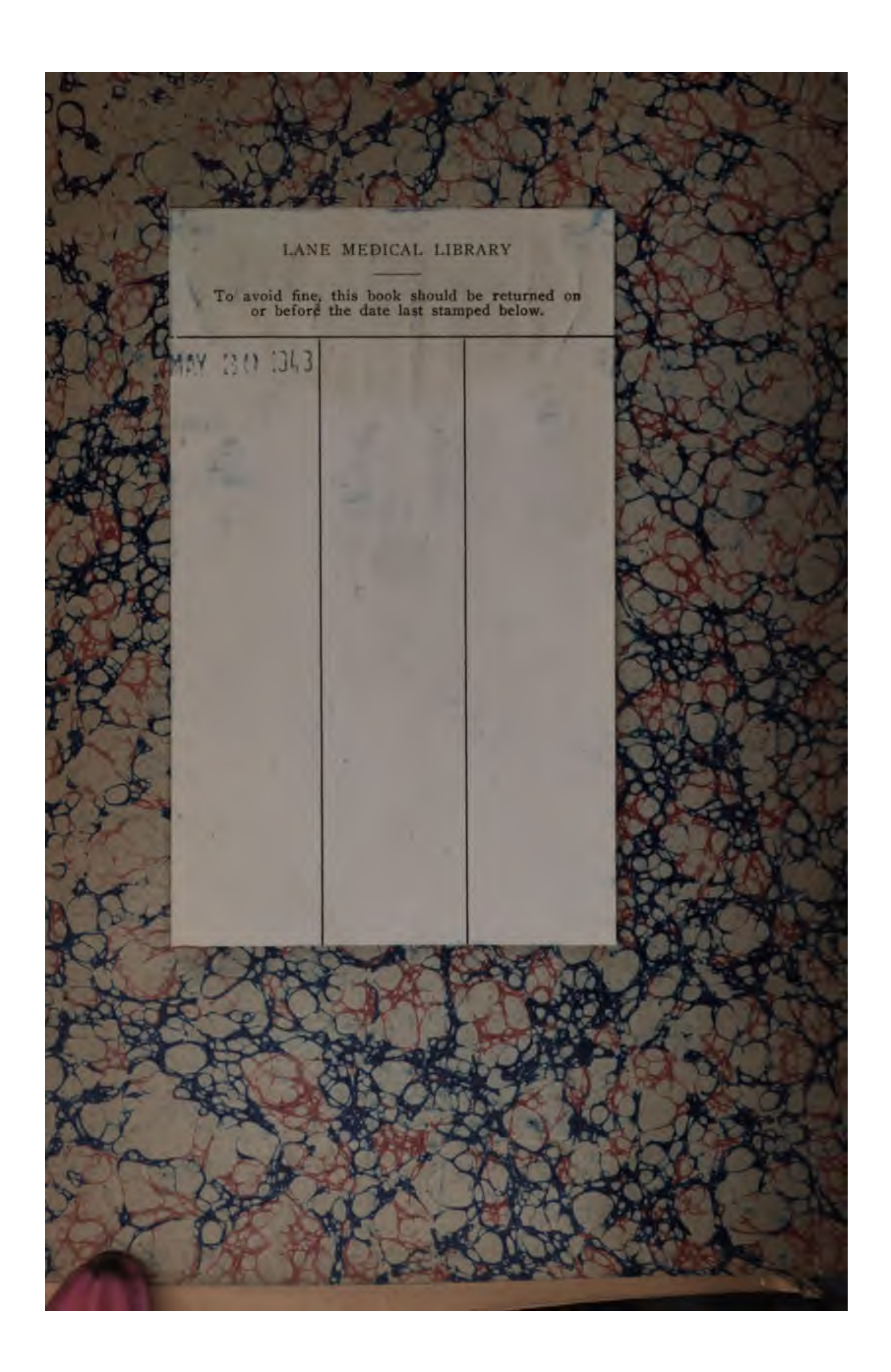














D368 Haeckel, E.H.P.A. 1599
H12 Anthropogenie.
1874
NAME
DATE DUE

